

Bijlage 3

Examenprogramma natuurkunde 1 en natuurkunde 1,2 v.w.o.

1 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;
- Domein F Moderne fysica.

1.1 Het centraal examen

Het centraal examen heeft voor natuurkunde 1 betrekking op de domeinen B tot en met E in combinatie met de vaardigheden uit domein A met uitzondering van die onderdelen die zich naar hun aard niet lenen voor centrale examinering, waaronder vaardigheden die uitdrukkelijk een computer als werkstation vereisen.

Het centraal examen heeft voor natuurkunde 1,2 betrekking op de domeinen B tot en met F in combinatie met de vaardigheden uit domein A met uitzondering van die onderdelen die zich naar hun aard niet lenen voor centrale examinering, waaronder vaardigheden die uitdrukkelijk een computer als werkstation vereisen.

Het centraal examen wordt afgenomen in een zitting van 3 uur.

1.2 Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op de eindtermen uit domein A en de eindtermen uit door de school te kiezen overige domeinen of subdomeinen.

Het schoolexamen bestaat uit een examendossier met de volgende onderdelen:

- a toetsen met gesloten en/of open vragen
 - Het oplossen van problemen en vraagstukken met betrekking tot de vakinhoud.

Het werk wordt beoordeeld aan de hand van een correctievoorschrift waarin mogelijke antwoorden en een puntenverdeling opgenomen zijn.

b praktische opdrachten

De kandidaat voert één of meer kortdurende practica uit, aan de hand waarvan uit domein A de subdomeinen technisch-instrumentele vaardigheden en onderzoeksvaardigheden getoetst worden. Over het practicum worden vragen beantwoord of er wordt een verslag van gemaakt.

Daarnaast voert de kandidaat een aantal van de volgende typen opdrachten uit:

- Het doen van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
 - Het maken van een technisch ontwerp;
 - Het verrichten van een literatuurstudie;
 - Het omgaan met informatie ten behoeve van meningsvorming;
 - Een andersoortige opdracht.
-
- De presentatie van het verrichte werk vindt op één van volgende wijzen plaats:
 - een geschreven verslag (onderzoeksverslag, verhalend verslag, recensie, verslag van een enquête of weergave van een interview);
 - een essay of artikel (uiteenzetting, beschouwing of betoog);
 - een mondelinge voordracht (uiteenzetting, beschouwing of betoog, forumdiscussie);
 - een reeks stellingen met onderbouwing;
 - een posterpresentatie met toelichting;
 - het product van een ontwerpopdracht en de bijbehorende documentatie;
 - een presentatie met gebruik van media (bijvoorbeeld audio, video, ICT).

De kandidaat dient in overleg met de examinerer ervoor zorg te dragen dat het totale pakket van praktische opdrachten voor de profielvakken tezamen gevarieerd samengesteld is, zowel wat het type opdrachten betreft als wat de presentatievormen betreft.

De examinering van algemene vaardigheden wordt over de verschillende vakken gespreid.

Tenminste een van de praktische opdrachten binnen het profiel dient te worden uitgevoerd als groepsopdracht in een groep van minimaal 3 deelnemers.

Voor de beoordeling van de praktische opdrachten wordt gebruik gemaakt van beoordelingscriteria die vooraf aan de kandidaat bekend gemaakt zijn.

Bij praktische opdrachten wordt, voor zover relevant, het doorlopen proces door de kandidaat gedocumenteerd (onderwerpskeuze, vraagstelling, verrichte werkzaamheden, geraadpleegde hulpbronnen en dergelijke). Dit wordt in de beoordeling betrokken.

c profielwerkstuk

Het profielwerkstuk heeft een studielast van 80 uur. Het heeft betrekking op ten minste twee (deel)vakken van het profieldeel.

Wanneer natuurkunde bij het profielwerkstuk betrokken is, omvat het profielwerkstuk:

- een zelfstandige onderzoeksopdracht.

Wat de bijdrage van natuurkunde betreft, is dit:

- een natuurwetenschappelijk onderzoek;

en/of

- een technisch ontwerp.

Bij de opzet en uitvoering worden literatuur en/of andere bronnen geraadpleegd en geanalyseerd.

Voor de presentatie van het profielwerkstuk wordt gebruik gemaakt van de presentatievormen genoemd bij de praktische opdrachten.

Bij het profielwerkstuk wordt het doorlopen proces door de kandidaat gedocumenteerd (onderwerpskeuze, vraagstelling, verrichte werkzaamheden, geraadpleegde hulpbronnen en dergelijke). Dit wordt in de beoordeling betrokken.

Voor de beoordeling van het profielwerkstuk wordt gebruik gemaakt van beoordelingscriteria die vooraf aan de kandidaat bekend gemaakt zijn.

De beoordeling vindt plaats door de examinatoren van de vakken die bij het profielwerkstuk zijn betrokken.

Het profielwerkstuk moet voldoende afgerond zijn. Naast de waardering 'voldoende' kan ook de waardering 'goed' toegekend worden.

d handelingsdeel

Het uitvoeren van opdrachten waarbij oriëntatie op vervolgopleidingen en beroepsperspectieven centraal staan:

- Het deelnemen aan excursies waar natuurwetenschappelijke en/of technische aspecten aan zijn verbonden.
- Het informeren naar toekomstperspectieven bij vervolgopleidingen en beroepen waar natuurwetenschappen en/of techniek een rol spelen.

De uitvoering van het handelingsdeel blijkt uit een notitie van de kandidaat waarin aandacht besteed is aan de voorbereiding op en de ervaring met de opdracht en waarin op de uitvoering van de opdracht gereflecteerd wordt.

Voor de activiteiten in dit onderdeel worden geen cijfers toegekend. De examinator stelt aan de hand van de notitie vast of een activiteit naar behoren uitgevoerd is. De notitie maakt deel uit van het examendossier.

informatie-en communicatietechnologie (ICT)

De kandidaat kan bij de examinering gebruik maken van de volgende toepassingen van ICT:

- raadplegen van (hyper)teksten, gegevens, beeld en geluid in (multimediale) bestanden, gegevensbanken en informatiesystemen met behulp van een computer(netwerk);
- geautomatiseerde zoeksystemen in bibliotheek en mediatheek;
- telecommunicatie, zoals e-mail, discussie- en nieuwsgroepen;
- tekstverwerking;
- grafische rekenmachine;
- geautomatiseerd sturen en regelen van processen;
- wiskundige bewerkingen;
- spreadsheets, modellen en simulaties;
- verwerking en beheer van gegevens in gegevensbanken en informatiesystemen;
- maken van (multimediale) presentaties.

Het gebruik van ICT-toepassingen bij de toetsing is optioneel op die onderdelen waar de school (nog) niet beschikt over voldoende en adequate apparatuur en programmatuur.

weging

Onderdeel a bepaalt voor 40% het cijfer van het schoolexamen, onderdeel b voor 60%. Voor kandidaten die het eindexamen afsluiten vóór 1 januari 2004 bepaalt onderdeel a voor 60% het cijfer van het schoolexamen, onderdeel b voor 40%. De waardering voor onderdeel c wordt afzonderlijk op de cijferlijst vermeld. Onderdeel d draagt niet bij aan het cijfer.

2. De Examenstof

2.1 Eindtermen: vaardigheden

Domein A: Vaardigheden

De specificaties die zijn voorzien van een * gelden alleen voor natuurkunde 1,2 en niet voor natuurkunde 1.

Subdomein: Taalvaardigheden

De kandidaat kan zowel mondeling als schriftelijk:

- 1 correct formuleren;
- 2 conventies hanteren bij tekst- en alinea-opbouw, tekstsoort en uiterlijke presentatie;
- 3 beknopt formuleren;
- 4 taalgebruik afstemmen op het doel en het publiek;
- 5 informatie inhoudelijk logisch presenteren;
- 6 op adequate wijze informatie overbrengen;
- 7 een standpunt beargumenteren en verdedigen;
- 8 verslag doen.

Subdomein: Reken/wiskundige vaardigheden

De kandidaat kan

- 9 basisrekenvaardigheden uitvoeren:
 - een (grafische) rekenmachine gebruiken;
 - rekenen met verhoudingen, procenten, machten, wortels;
 - de oppervlakte berekenen van een driehoek, cirkel en bol;
 - het volume berekenen van een cilinder en een bol;
 - absolute waarde.
- 10 berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren:
 - formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen.
- 11 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 of door integreren bepalen;
 - het differentiëren van polynomen, e-machten, goniometrische functies en rationale functies;
 - gebruik van enkel- en dubbel-log-papier;
 - relaties van de vorm $y=ax^2$, $y=ax-1$, $y = ax-2$ en $x-1+y-1=constant$ door coördinatentransformatie weergeven als grafieken met een rechte lijn;
 - radiaal als hoekmaat;
 - benadering van sinus en tangens voor kleine hoeken;
 - $\log x$, $\ln x$, e^{-ax} , e^{ax} , a^x , en x^a .
- 12 afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI.
- 13 uitkomsten schatten en beoordelen.
- 14 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: Informatievaardigheden

De kandidaat kan

- 15 informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen, mede met behulp van ICT.
- 16 informanten kiezen en informanten bevragen.
- 17 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.
- 18 gegevens weergeven in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen, mede met behulp van ICT.
- 19 hoofd- en bijzaken onderscheiden.
- 20 feiten met bronnen verantwoorden.
- 21 informatie en meetresultaten analyseren, schematiseren en structureren, mede met behulp van ICT.
- 22 de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor het op te lossen probleem of te maken ontwerp.

Subdomein: Technisch-instrumentele vaardigheden

De kandidaat kan

- 23 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 B t/m E (* en F) genoemde vakinhoud voorzover veiligheid, milieu-eisen, kosten en beschikbaar instrumentarium dit toelaten.
 specificatie apparatuur:
 - krachtmeter, hefboom, katrol, tandwiel;
 - stemvork, toongenerator, luidspreker, microfoon, oscilloscoop en decibelmeter;
 - prisma, filters, optische bank, optische schijf, brekingslichamen, positieve lens, glasvezels, fototoestel, diaprojector, overhead-projector;
 - vloeistofthermometer;
 - elektroscop, batterij, voedingsapparaat, schuifweerstand, stroommeter, spanningsmeter, kWh-meter, ohmse weerstand, LDR, NTC, LED, permanente magneten, stroomspoel, dynamo, transformator;
 - GM-teller.
- 24 bij het raadplegen, verwerken en presenteren van informatie en bij het inzichtelijk maken van processen gebruik maken van toepassingen van ICT.
- 25 gebruik maken van micro-elektronica systemen voor het meten en regelen van grootheden.
- 26 aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten.
- 27 verantwoord omgaan met stoffen, instrumenten en organismen, zonder daarbij schade te berokkenen aan mensen, dieren en milieu.

Subdomein: Ontwerpvaardigheden

De kandidaat kan

- 28 een technisch probleem herkennen en specificeren.
- 29 een technisch probleem herleiden tot een ontwerp-opdracht.
- 30 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 31 een werkplan maken voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 32 een ontwerp bouwen.
- 33 ontwerpproces en -product evalueren, rekening houdende met ontwerpeisen en randvoorwaarden.
- 34 voorstellen doen voor verbetering van het ontwerp.

Subdomein: Onderzoeksvaardigheden

De kandidaat kan

- 35 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
- 36 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.

- 37 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
- 38 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
- 39 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
- 40 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
- 41 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
- 42 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
- 43 oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren.

Subdomein: Maatschappij, studie en beroep

De kandidaat kan

- 44 toepassingen van de natuurwetenschappen herkennen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 45 maatschappelijke effecten benoemen van natuurwetenschappelijke en technologische toepassingen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 46 een relatie leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden en de praktijk van verschillende beroepen.
- 47 een relatie leggen tussen eigen vaardigheden, kennis en attitudes en de eisen van opleidingen en beroepsuitoefening.

2.2 Eindtermen: vakinhoud

Eindtermen die voorzien zijn van een * gelden alleen voor natuurkunde 1,2 en niet voor natuurkunde 1.

Domein B: Elektriciteit en magnetisme

Subdomein: Elektrische stroom

De kandidaat kan

- 1 schakelingen ontwerpen om lampen, elektromotoren, verwarmingselementen en sensoren op de juiste spanning te laten werken:
 - spanningsbron;
 - weerstanden in serie;
 - weerstanden parallel;
 - kortsluiting, smeltveiligheid;
 - aarding, aardlekschakelaar;
 - spanningsdeling.
- 2 spanning, stroom en weerstand bepalen aan de hand van gegeven grafieken, tabellen en formules:
 - ohmse weerstanden;
 - halfgeleiderdiode, LDR, NTC;
 - soortelijke weerstand.
- 3 het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische kring berekenen:
 - elektrische energie;
 - warmteontwikkeling;
 - kWh-meter.
- 4 proeven doen met elektrische schakelingen:
 - onderzoek naar de invloed van licht en van temperatuur op componenten;
 - meting van stroom, spanning en weerstand;
 - toepassing van eenvoudige schakelingen bij alarmsystemen en bij bewaking van het milieu.

Subdomein: Signaalverwerking

De kandidaat kan

- 5 de werking van gegeven meet-, stuur- en regelsystemen beschrijven:
 - interpretatie van blokschema's;
 - signaalwaarden.
- 6 natuurkundige grootheden via de computer meten met een sensor:
 - aansluiting op voedingsspanning en verwerker;
 - interpretatie van het in- en uitgangssignaal;
 - de geschiktheid van een sensor beoordelen op grond van bereik, gevoeligheid en nauwkeurigheid (testexperimenten en fabrieksgegevens).
- 7 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;
 - AD-omzetter.
- 8 een eenvoudig geautomatiseerd meet-, stuur- of regelsysteem ontwerpen en bouwen:
 - blokschema;
 - aansturen van actuatoren;
 - terugkoppeling.

Formules bij de subdomeinen Elektrische stroom en Signaalverwerking:

Subdomein: Elektrisch veld en magnetisch veld

De kandidaat kan

- *9 de effecten beschrijven van de aanwezigheid van elektrische lading:
 - positieve en negatieve lading;
 - homogeen elektrisch veld;
 - veldlijnen, veldsterkte en potentiaal;
 - kracht en arbeid in het veld tussen twee platen;
 - ontladingen, onweer.
- *10 versnelling en energieverandering van een geladen deeltje in een elektrisch veld berekenen:
 - verband tussen spanning en elektrische energie;
 - elektronenkanon van beeldbuis en oscilloscoop;
 - röntgenbuis;
 - lineaire versneller.
- *11 magnetische verschijnselen verklaren in termen van magnetisch veld:
 - veldlijnen;
 - sterkte van het magnetische veld en flux;
 - permanente magneet, rechte stroomdraad, spoel;
 - relais, reedcontact.
- *12 de richting en de grootte van de lorentzkracht bepalen op stroomdraden en op geladen deeltjes:
 - elektromotor en draaispoelmeter;
 - afbuiging elektronenbundel;
 - hallsensor.

Subdomein: Inductie en wisselstromen

De kandidaat kan

*13 het principe van elektromagnetische inductie kwalitatief toepassen:

- bewegende magneet in een spoel;
- draaiend draadraam in homogeen magneetveld;
- dynamo;
- in- en uit-schakelverschijnselen.

*14 stroom door en spanning over de spoelen van een transformator berekenen:

- formules voor de ideale transformator;
- creëren van zeer hoge spanningen of stromen;
- energietransport over lange afstand;
- scheiden van circuits met het oog op veiligheid en ont koppeling.

*15 wisselspanningen en wisselstromen meten en gelijkrichten:

- oscilloscoop, multimeter en computer;
- diodebrugcel;
- maximale waarde van de wisselspanning;
- effectieve waarde van de wisselspanning;
- periode en frequentie.

*16 de functie van de condensator onderzoeken:

- opladen en ontladen;
- rekenen met RC-tijden;
- eenvoudig filter;
- computermodel.

Formules bij de subdomeinen Elektrisch veld en magnetisch veld en Inductie en wisselstromen:

Domein C: Mechanica

Subdomein: Rechthoekige beweging

De kandidaat kan

17 rechthoekige eenparige bewegingen en rechthoekige eenparig versnelde bewegingen vanuit rust wiskundig beschrijven:

- plaats, verplaatsing, afgelegde weg;
- snelheid, gemiddelde snelheid, relatieve snelheid;
- versnelling.

18 plaats-tijd-diagrammen interpreteren:

- snelheid bepalen met behulp van een raaklijn;
- schetsen van het verloop van het snelheid-tijd-diagram;
- vergelijking van twee verplaatsingen in één diagram;

19 snelheid-tijd-diagrammen interpreteren:

- verplaatsing bepalen met behulp van oppervlakte;
- versnelling bepalen met behulp van een raaklijn;
- schetsen van het verloop van het versnelling-tijd-diagram;
- eindsnelheid en luchtweerstand.

20 berekeningen maken bij een vrije val vanuit rust:

- valversnelling, valtijd, hoogte, snelheid bij het bereiken van de grond.

21 met een aantal technieken verplaatsing, snelheid en tijd meten:

- plaatssensor en computer;
- lichtpoortje, reedcontact;
- stroboscopische foto.

Subdomein: Kracht en moment

De kandidaat kan

- 22 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.
- 23 de eerste wet van Newton uitleggen aan de hand van voorbeelden:
- traagheid bij snelheidsverandering;
 - evenwicht van krachten bij constante snelheid.
- 24 met de tweede wet van Newton de resulterende kracht of de versnelling berekenen:
- definitie eenheid van kracht;
 - massa en zwaartekracht.
- 25 de werking van hefboomen uitleggen:
- toepassing van momenten;
 - vergelijking van de arbeid van de uitgeoefende krachten.
- 26 met de hefboomwet krachten berekenen:
- zwaartepunt als aangrijpingspunt van de zwaartekracht;
 - hef- en hijswerktuigen, tandwielen, katrol, V-snaren.

Subdomein: Arbeid en energie

De kandidaat kan

- 27 het begrip arbeid toepassen bij energie-omzettingen:
- arbeid door de zwaartekracht;
 - negatieve arbeid van wrijvingskracht en warmteontwikkeling;
 - de arbeid van een kracht bepalen uit een kracht-verplaatsingsdiagram.
- 28 de wet van behoud van energie toepassen:
- de energiebalans van een systeem;
 - aangeven van energievormen;
 - bewegingsenergie, zwaarte-energie, veerenergie;
 - snelheid, kracht en verplaatsing berekenen;
 - periodieke bewegingen verklaren: slinger, trilling tussen veren, stuiteren zonderrijving.
- 29 berekenen hoeveel energie wordt omgezet in warmte bij verplaatsingen:
- energie per tijd en energie per afstand;
 - optrekken en afremmen in stadsverkeer;
 - verband tussen maximum-snelheid en brandstofverbruik;
 - rendement van motor en vorm van het voertuig;
 - totale warmteafgifte aan het milieu.
- 30 proeven doen om het rendement van energie-omzettingen te onderzoeken:
- knikkergoot, stuiterbal, kar van helling, gedempte trilling;
 - manieren om energie op te slaan;
 - manieren om wrijvingsarbeid te verkleinen.

Formules bij de subdomeinen Rechthoekige beweging, Kracht en moment en Arbeid en energie:

Subdomein: Kracht en impuls

De kandidaat kan

- *31 krachtwetten toepassen:
- actiekracht en reactiekracht op verschillende lichamen aanwijzen, derde wet van Newton;
 - normaalkracht;
 - krachten op lichamen op een hellend vlak;
 - spankracht, wrijvingskracht.
- *32 de grootte van krachten bij eendimensionale rechthoekige botsingen berekenen:
- definitie stoot en impuls;
 - stoot als impulsverandering;
 - te nemen maatregelen om krachten bij botsingen te verkleinen.

*33 de wet van behoud van impuls toepassen:

- explosie;
- raketaandrijving.

*34 met een computermodel de invloed van wrijving op bewegingen onderzoeken:

- (eind-)snelheid bij val zonder en met parachute;
- baan van bal, badmintonshuttle, raket;
- stroomlijn van voertuigen.

Subdomein: Kracht en beweging

De kandidaat kan

*35 een beschrijving geven van de baan van een voorwerp in het zwaartekrachtveld:

- horizontale worp, snelheid als scalar.

*36 berekeningen uitvoeren met de formules over de eenparige cirkelbeweging:

- baansnelheid, hoeksnelheid, straal, omlooptijd, frequentie;
- middelpuntzoekende versnelling en -kracht.

*37 de voorwaarden bepalen om een satelliet in een baan om de aarde te kunnen brengen:

- gravitatiewet van Newton;
- bepaling van de straal van de baan;
- omlooptijd bij polaire en geostationaire banen.

*38 gebruik maken van computermodellen om bewegingen te beschrijven:

- satelliet en planeet in gravitatieveld;
- analogie met geladen deeltje in elektrisch veld.

Formules bij de subdomeinen Kracht en impuls en Kracht en beweging:

Domein D: Warmteleer

Subdomein: Gas en vloeistof

De kandidaat kan

39 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 fase-overgangen;
- kinetische opvatting van druk, inwendige energie en temperatuur.

40 beschrijven hoe druk wordt gemeten en hoe drukverschillen stroming kunnen veroorzaken:

- manometer, barometer, bloeddrukmeter;
- overdruk, onderdruk.

41 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.

42 experimenteel onderzoek doen in een situatie waarbij de wet van Bernoulli een rol speelt:

- stroomsnelheid;
- liftkracht.

Subdomein: Thermische processen

De kandidaat kan

43 de hoeveelheid warmte berekenen die bij verwarming en afkoeling wordt uitgewisseld tussen systemen:

- soortelijke warmte, warmtecapaciteit;
- verbrandingswarmte;
- warmteopslag.

- 44 de verschillende vormen van energietransport beschrijven en uitleggen hoe energieverlies kan worden beperkt:
- geleiding, stroming, straling;
 - isolatie;
 - afvalwarmte.
- 45 de eerste hoofdwet van de warmteleer kwalitatief toepassen bij smelten, verdampen en expanderen:
- uitwendige arbeid;
 - adiabatische processen;
 - isotherme processen.
- 46 het rendement van energie-omzettingen berekenen.
- 47 het kwaliteitsverlies bij energieomzettingen en de gevolgen daarvan voor de energievoorziening kwalitatief beschrijven:
- tweede hoofdwet ;
 - warmte-kracht koppeling;
 - functie koelwater en gevolgen voor het milieu.

Formules bij het domein Warmteleer:

Domein E: Golven en straling

Subdomein: Trilling en golf

De kandidaat kan

- 48 door eenvoudige proeven vaststellen dat harmonische trillingen plaatsvinden onder invloed van een teruggedrijvende kracht die evenredig is met de uitwijking:
- gebruik van sensoren, computer, oscilloscoop;
 - veerconstante; formule voor periode van een massa-veer-systeem toepassen;
 - formule voor periode van een slinger toepassen.
- 49 uit de uitwijking-tijd-grafiek van een mechanische of elektrische trilling de trillingstijd, frequentie, amplitude en het soort trilling (harmonisch of niet) bepalen:
- oscillogram van stemvork, trillende snaar, menselijke stem, zuivere toon;
 - cardiogram.
- 50 een wiskundige beschrijving geven van trillingsverschijnselen in de natuur, de techniek en bij natuurkundige proeven:
- periode, trillingstijd, frequentie, uitwijking, amplitude, fase, gereduceerde fase en faseverschil;
 - sinusfunctie als plaatsfunctie.
- 51 de energie van een harmonisch trillend voorwerp berekenen:
- kinetische en potentiële energie; energieverlies;
 - demping;
 - overdracht van energie; resonantie.
- 52 een beschrijving geven van golfverschijnselen in de natuur, de techniek en bij natuurkundige proeven:
- lopende transversale en longitudinale golven;
 - golflengte, golfsnelheid; faseverschillen en gereduceerde fase.

Subdomein: Geluid

De kandidaat kan

- 53 geluidsverschijnselen in de natuur, de techniek en bij eenvoudige proeven beschrijven:
- interferentiepatronen bij staande golven; knopen en buiken (niet het ontstaan ervan);
 - muziekinstrumenten; grondtoon en boventonen;
 - antigeluid.
- 54 onderzoeken hoe geluidshinder beperkt kan worden:
- absorptie, reflectie, breking en interferentie;
 - effect van afstandsvergroting;
 - metingen met de dB-meter.
- 55 uitleggen hoe het dopplereffect wordt gebruikt om snelheden te bepalen:
- snelheidscontrole in het verkeer;
 - stroomsnelheid van het bloed.

Subdomein: Licht

De kandidaat kan

- 56 berekeningen maken met de brekingswetten en de spiegelwetten (geen combinaties van lenzen en spiegels):
- tekenen van de lichtweg; spiegelbeeld;
 - hoek van inval, hoek van breking, brekingsindex; kleuren;
 - grenshoek; totale terugkaatsing;
 - gebruik van glasvezels.
- 57 de plaats en de grootte van het beeld bepalen bij het gebruik van een positieve en negatieve lens door tekening (alleen bij een positieve lens) en berekening:
- reële en virtuele beelden;
 - lenzenformule, lineaire vergroting;
 - beeldvorming in het menselijk oog, fototoestel, overheadprojector en diaprojector;
 - loep.
- 58 de natuurkundige aspecten van het oog beschrijven:
- accommodatievermogen van de ooglenzen;
 - diafragmafunctie van de pupil;
 - nabijheidspunt, vertepunt;
 - normaal-, ver-, bij- en oudziend, bril, contactlenzen.
- 59 de interferentie van licht onderzoeken aan de hand van eenvoudige proeven:
- golfmodel van het licht;
 - dubbelspleet kwalitatief;
 - bepaling van de golflengte met een tralie.

Subdomein: Elektromagnetisch spectrum

De kandidaat kan

- 60 een overzicht geven van het elektromagnetisch spectrum met voorbeelden en toepassingen:
- verband tussen stralingssoort en frequentie;
 - lichtsnelheid, golflengte, frequentie;
 - frequentie en kleur.
- 61 uitleggen dat emissie en absorptie van licht samenhangen met energieveranderingen in een atoom:
- gloeilampen; gasontladingsbuizen (waterstof, kwik, helium, neon, natrium);
 - de werking van fluorescentiepoeders;
 - spectrum van keukenzout in gasvlam;
 - fraunhoferlijnen in het spectrum van de zon.
- 62 uitleggen hoe eigenschappen van laserlicht worden gebruikt in de gezondheidszorg, de telecommunicatie en voor de bewerking van materialen:
- coherentie, intensiteit;
 - evenwijdige bundel;
 - monochromatische lichtbron.

Subdomein: Radioactiviteit

De kandidaat kan

- 63 de verschillende soorten ioniserende straling en hun eigenschappen beschrijven:
- achtergrondstraling, röntgenstraling, α -, β - en γ -straling;
 - ioniserend en doordringend vermogen;
 - radio-isotopen; röntgenbuis;
 - natuurlijke en kunstmatige bronnen van straling;
 - detectie: GM-buis, bellenvat, dradenkamer, badge.
- 64 berekeningen maken waarbij de halveringstijd een rol speelt:
- vervalcurve, activiteit.
- 65 een vervalvergelijking van een radio-actieve kern opstellen als gegeven is welke straling wordt uitgezonden:
- atoomnummer, massagetal, isotoop.
- 66 de effecten bespreken van ioniserende straling op de mens en het milieu:
- schema: bron, straling, ontvanger;
 - absorptie; halveringsdikte;

- bestraling en besmetting;
- stralingsdosis en dosisequivalent; stralingsnormen;
- beschermingsmaatregelen;
- afwegen van risico's.

Formules bij het domein Golven en straling:

Domein F: Moderne fysica

Subdomein: Atoomfysica

De kandidaat kan

- *67 de uitkomst van experimenten met de fotocel verklaren met de fotonhypothese:
 - fotonstroom en remspanning;
 - fotonenergie en de uittree-energie;
 - bepaling van de constante van Planck;
 - historische betekenis voor de moderne natuurkunde.
- *68 met behulp van gegeven energieschema's golflengtes en frequenties van spectraallijnen berekenen:
 - atoommodel van Bohr kwalitatief;
 - ionisatieenergie;
 - emissie- en absorptiespectra.
- *69 de dualiteit van golf en deeltje toelichten op grond van de buigings- en interferentie-verschijnselen die worden waargenomen in elektrondiffractie-experimenten:
 - de Broglie-golflengte;
 - elektronenmicroscop.

Subdomein: Kernfysica

De kandidaat kan

- *70 de energie berekenen die vrijkomt bij kernsplijting en kernfusie:
 - bindingsenergie per nucleon;
 - equivalentie van massa en energie;
 - massadefect;
 - principe kernreactor, kernbom.
- *71 reactievergelijkingen aanvullen voor beschreven kern- en deeltjesreacties door gebruik te maken van behoudsprincipes:
 - γ -, β^+ -, β^- -, n-straling, K-vangst;
 - annihilatie en creatie van materiedeeltjes; anti-deeltje, paarvorming.
- *72 kwalitatief de werking en regeling van een kernreactor beschrijven in samenhang met veiligheidsaspecten en de invloed op natuur en milieu:
 - kernsplijting, kettingreactie;
 - moderator, regelstaven, kritische reactor;
 - kernafval.

Subdomein: Astrofysica

De kandidaat kan

- *73 de temperatuur van sterren bepalen uit de stralingskromme met de verschuivingswet van Wien:
 - stralingsenergie, thermische straling.
- *74 de belangrijkste reacties beschrijven die verantwoordelijk zijn voor de energieproductie in de zon:
 - productie van elementen;
 - neutrino.

Formules bij het domein Moderne fysica:

Bijlage 4

Examenprogramma natuurkunde 1 en natuurkunde 1,2 h.a.v.o.

1 Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

- Domein A Vaardigheden;
- Domein B Elektrische processen;
- Domein C Beeld en geluid;
- Domein D Kracht en beweging;
- Domein E Materie en energie.

1.1 Het centraal examen

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

Het centraal examen wordt afgenomen in één zitting van 3 uur.

1.2 Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op de eindtermen uit domein A en de eindtermen uit door de school te kiezen overige domeinen of subdomeinen.

Het schoolexamen bestaat uit een examendossier met de volgende onderdelen:

a toetsen met gesloten en/of open vragen

- Het oplossen van problemen en vraagstukken met betrekking tot de vakinhoud.

Het werk wordt beoordeeld aan de hand van een correctievoorschrift waarin mogelijke antwoorden en een puntenverdeling opgenomen zijn.

b praktische opdrachten

De kandidaat voert één of meer kortdurende practica uit, aan de hand waarvan uit domein A de subdomeinen technisch-instrumentele vaardigheden en onderzoeksvaardigheden getoetst worden. Over het practicum worden vragen beantwoord of er wordt een verslag van gemaakt.

Daarnaast voert de kandidaat een aantal van de volgende typen opdrachten uit:

- Het doen van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- Het maken van een technisch ontwerp;
- Het verrichten van een literatuurstudie;
- Het omgaan met informatie ten behoeve van meningsvorming;
- Een andersoortige opdracht.
- De presentatie van het verrichte werk vindt op één van volgende wijzen plaats:
 - een geschreven verslag (onderzoeksverslag, verhalend verslag, recensie, verslag van een enquête of weergave van een interview);
 - een essay of artikel (uiteenzetting, beschouwing of betoog);

- een mondelinge voordracht (uitleg, beschouwing of betoog, forumdiscussie);
- een reeks stellingen met onderbouwing;
- een posterpresentatie met toelichting;
- het product van een ontwerpvoordracht en de bijbehorende documentatie;
- een presentatie met gebruik van media (bijvoorbeeld audio, video, ICT).

De kandidaat dient in overleg met de examinerer ervoor zorg te dragen dat het totale pakket van praktische opdrachten voor de profielvakken tezamen gevarieerd samengesteld is, zowel wat het type opdrachten betreft als wat de presentatievormen betreft.

De examinering van vaardigheden uit domein A wordt over de verschillende vakken gespreid.

Tenminste een van de praktische opdrachten binnen het profiel dient te worden uitgevoerd als groepsopdracht in een groep van minimaal 3 deelnemers.

Voor de beoordeling van de praktische opdrachten wordt gebruik gemaakt van beoordelingscriteria die vooraf aan de kandidaat bekend gemaakt zijn.

Bij praktische opdrachten wordt, voor zover relevant, het doorlopen proces door de kandidaat gedocumenteerd (onderwerpskeuze, vraagstelling, verrichte werkzaamheden, geraadpleegde hulpbronnen en dergelijke). Dit wordt in de beoordeling betrokken.

c profielwerkstuk

Het profielwerkstuk heeft een studielast van 40 tot 80 uur. Het heeft betrekking op ten minste twee (deel)vakken van het profieldeel.

Wanneer natuurkunde bij het profielwerkstuk betrokken is, omvat het profielwerkstuk:

- een zelfstandige onderzoeksopdracht.

Wat de bijdrage van natuurkunde betreft, is dit:

- een natuurwetenschappelijk onderzoek;

en/of

- een technisch ontwerp.

Bij de opzet en uitvoering worden literatuur en/of andere bronnen geraadpleegd en geanalyseerd.

Voor de presentatie van het profielwerkstuk wordt gebruik gemaakt van de presentatievormen genoemd bij de praktische opdrachten.

Bij het profielwerkstuk wordt het doorlopen proces door de kandidaat gedocumenteerd (onderwerpskeuze, vraagstelling, verrichte werkzaamheden, geraadpleegde hulpbronnen en dergelijke). Dit wordt in de beoordeling betrokken.

Voor de beoordeling van het profielwerkstuk wordt gebruik gemaakt van beoordelingscriteria die vooraf aan de kandidaat bekend gemaakt zijn.

De beoordeling vindt plaats door de examinatoren van de vakken die bij het profielwerkstuk zijn betrokken.

Het profielwerkstuk moet voldoende afgerond zijn. Naast de waardering 'voldoende' kan ook de waardering 'goed' toegekend worden.

d handelingsdeel

Het uitvoeren van opdrachten waarbij oriëntatie op vervolgopleidingen en beroepsperspectieven centraal staan:

- Het deelnemen aan excursies waar natuurwetenschappelijke en/of technische aspecten aan zijn verbonden.
- Het informeren naar toekomstperspectieven bij vervolgopleidingen en beroepen waar natuurwetenschappen en/of techniek een rol spelen.

De uitvoering van het handelingsdeel blijkt uit een notitie van de kandidaat waarin aandacht besteed is aan de voorbereiding op en de ervaring met de opdracht en waarin op de uitvoering van de opdracht gereflecteerd wordt.

Voor de activiteiten in dit onderdeel worden geen cijfers toegekend. De examinerer stelt aan de hand van de notitie vast of een activiteit naar behoren uitgevoerd is. De notitie maakt deel uit van het examendossier.

informatie-en communicatietechnologie (ICT)

De kandidaat kan bij de examinering gebruik maken van de volgende toepassingen van ICT:

- raadplegen van (hyper)teksten, gegevens, beeld en geluid in (multimediale) bestanden, gegevensbanken en informatiesystemen met behulp van een computer(netwerk);
 - geautomatiseerde zoeksystemen in bibliotheek en mediatheek;
 - telecommunicatie, zoals e-mail, discussie- en nieuwsgroepen;
 - tekstverwerking;
 - grafische rekenmachine;
 - geautomatiseerd sturen en regelen van processen;
 - wiskundige bewerkingen;
 - spreadsheets, modellen en simulaties;
 - verwerking en beheer van gegevens in gegevensbanken en informatiesystemen;
 - maken van (multimediale) presentaties.

Het gebruik van ICT-toepassingen bij de toetsing is optioneel op die onderdelen waar de school (nog) niet beschikt over voldoende en adequate apparatuur en programmatuur.

weging

Onderdeel a bepaalt voor 40% het cijfer van het schoolexamen, onderdeel b voor 60%. Voor kandidaten die het eindexamen afsluiten vóór 1 januari 2003 bepaalt onderdeel a voor 60% het cijfer van het schoolexamen, onderdeel b voor 40%. De waardering voor onderdeel c wordt afzonderlijk op de cijferlijst vermeld. Onderdeel d draagt niet bij aan het cijfer.

2. De Examenstof

2.1 Eindtermen: vaardigheden

Domein A: Vaardigheden

Subdomein: Taalvaardigheden

De kandidaat kan zowel mondeling als schriftelijk:

- 1 correct formuleren;
- 2 conventies hanteren bij tekst- en alinea-opbouw, tekstsoort en uiterlijke presentatie;
- 3 beknopt formuleren;
- 4 taalgebruik afstemmen op het doel en het publiek;
- 5 informatie inhoudelijk logisch presenteren;
- 6 op adequate wijze informatie overbrengen;
- 7 een standpunt beargumenteren en verdedigen;
- 8 verslag doen.

Subdomein: Reken/wiskundige vaardigheden

De kandidaat kan

- 9 basisrekenvaardigheden uitvoeren:
 - een (grafische) rekenmachine gebruiken;
 - rekenen met verhoudingen, procenten, machten, wortels;
 - de oppervlakte berekenen van een driehoek en een cirkel;
 - absolute waarde.
- 10 berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren:
 - formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen.

11 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.
- 12 afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI.
- 13 uitkomsten schatten en beoordelen.
- 14 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: Informatievaardigheden

De kandidaat kan

- 15 informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen, mede met behulp van ICT.
- 16 informanten kiezen en informanten bevragen.
- 17 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
- 18 gegevens weergeven in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen, mede met behulp van ICT.
- 19 hoofd- en bijzaken onderscheiden.
- 20 feiten met bronnen verantwoorden.
- 21 informatie en meetresultaten analyseren, schematiseren en structureren, mede met behulp van ICT.
- 22 de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor het op te lossen probleem of te maken ontwerp.

Subdomein: Technisch-instrumentele vaardigheden

De kandidaat kan

- 23 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 B t/m E genoemde vakinhoud, voorzover veiligheid, milieu-eisen, kosten en beschikbaar instrumentarium dit toelaten.
- specificatie apparatuur:
- krachtmeter, hefboom, katrol, tandwiel;
 - stemvork, toongenerator, luidspreker, microfoon, oscilloscoop en decibelmeter;
 - prisma, filters, optische bank, optische schijf, brekingslichamen, positieve lens, glasvezels, fototoestel, diaprojector, overhead-projector;
 - vloeistofthermometer;
 - elektroscop, batterij, voedingsapparaat, schuifweerstand, stroommeter, spanningsmeter, kWh-meter, ohmse weerstand, LDR, NTC, LED, permanente magneten, stroomspoel, dynamo, transformator;
 - GM-teller.
- 24 bij het raadplegen, verwerken en presenteren van informatie en bij het inzichtelijk maken van processen gebruik maken van toepassingen van ICT.
- 25 gebruik maken van micro-elektronica systemen voor het meten en regelen van grootheden.
- 26 aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten.

- 27 verantwoord omgaan met stoffen, instrumenten en organismen, zonder daarbij schade te berokkenen aan mensen, dieren en milieu.

Subdomein: Ontwerpvaardigheden

De kandidaat kan

- 28 een technisch probleem herkennen en specificeren.
- 29 een technisch probleem herleiden tot een ontwerp-opdracht.
- 30 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 31 een werkplan maken voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 32 een ontwerp bouwen.
- 33 ontwerpproces en -product evalueren, rekening houdende met ontwerpeisen en randvoorwaarden.
- 34 voorstellen doen voor verbetering van het ontwerp.

Subdomein: Onderzoekvaardigheden

De kandidaat kan

- 35 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
- 36 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.
- 37 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
- 38 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
- 39 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
- 40 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
- 41 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
- 42 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
- 43 oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren.

Subdomein: Maatschappij, studie en beroep

De kandidaat kan

- 44 toepassingen van de natuurwetenschappen herkennen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 45 maatschappelijke effecten benoemen van natuurwetenschappelijke en technologische toepassingen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 46 een relatie leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden en de praktijk van verschillende beroepen.
- 47 een relatie leggen tussen eigen vaardigheden, kennis en attitudes en de eisen van opleidingen en beroepsuitoefening.

2.2 Eindtermen: vakinhoud

Eindtermen die zijn voorzien van een * gelden alleen voor natuurkunde 1,2 en niet voor natuurkunde 1.

Domein B: Elektrische processen

Subdomein: Veilig omgaan met elektriciteit

De kandidaat kan

- 1 toepassingen van het gebruik van elektriciteit beschrijven in de gezondheidszorg en techniek:
 - opwekking van warmte;
 - magnetische werking.
- 2 eigenschappen, functie en wijze van aansluiting beschrijven van onderdelen van een elektrische schakeling:
 - spanningsbron;
 - weerstand, LDR, NTC;
 - gloeilamp, verwarmingselement;
 - stroommeter en spanningsmeter;
 - smeltveiligheid en aardlekschakelaar;
 - kWh-meter.

- 3 schema's tekenen van elektrische schakelingen, die opgebouwd of beschreven zijn.
- 4 schakelingen bouwen met behulp van elektrische schema's.
- 5 problemen oplossen met behulp van formules:
 - spanning, stroom, weerstand, energie en/of vermogen;
 - serie- en parallelschakeling;
 - soortelijke weerstand en draadvormige geleiders.
- 6 proeven doen met eenvoudige schakelingen en componenten:
 - kwalitatief onderzoek naar de invloed van licht, druk, en van temperatuur op componenten;
 - meting van stroom, spanning en weerstand;
 - toepassing van eenvoudige schakelingen bij alarmsystemen en bij bewaking van het milieu.

Subdomein: Regelsystemen en signaalverwerking

De kandidaat kan

- 7 het gebruik uitleggen van geautomatiseerde meet- 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.
- 8 natuurkundige grootheden via de computer meten met een sensor:
 - aansluiting op voedingsspanning en verwerker;
 - interpretatie van het in- en uitgangssignaal.
- 9 het bereik, de gevoeligheid en de nauwkeurigheid van een sensor experimenteel of op grond van gegevens bepalen.
- 10 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, inverter, comparator;
 - geheugenelement, teller.
- 11 een deel van een geautomatiseerd meet- of regelsysteem ontwerpen en bouwen:
 - signalen verwerken met elektronische verwerkers;
 - aansturen van actuatoren;
 - blokschema van regelapparatuur.
- 12 de invloed aangeven van automatisering op mens en samenleving.

Formules bij de subdomeinen Veilig omgaan met elektriciteit en Regelsystemen en signaalverwerking:

Subdomein: Elektro-magnetisme

De kandidaat kan

- *13 magnetische verschijnselen verklaren in termen van magneetpolen, magneetvelden, magnetische kracht, permanente magneten, stroomvoerende draden, spoelen en elektro-magneten:
 - luidspreker, microfoon, magneetband;
 - elektromagneet;
 - aardlekschakelaar en relais;
 - aardmagnetisme en kompas.
- *14 bij elektromotor, luidspreker en microfoon, de werking uitleggen met behulp van de begrippen elektrische stroom, magnetisch veld en lorentzkracht.
- *15 beschrijven hoe de afbuiging van een bundel elektronen in een magnetisch veld plaats vindt in toepassingen:
 - beeldvorming bij de beeldbuis van een TV of monitor.
- *16 de grootte bepalen van de lorentzkracht op een stroomvoerende draad, als de stroom loodrecht staat op de richting van het magneetveld.
- *17 het rendement onderzoeken van de energie-omzetting van elektromotoren met behulp van literatuur of experimenten.

Subdomein: Opwekking en transport van elektrische energie

De kandidaat kan

- *18 uitleggen hoe in ons eigen land, maar ook elders in de wereld, de elektriciteitsvoorziening wordt gerealiseerd:
 - verschillende soorten energiecentrales;
 - hoogspanningsnet;
 - rendement van energieopwekking en transport;
 - milieu-effecten.
- *19 de opwekking van wisselspanning kwalitatief uitleggen in termen van fluxverandering, tijdsduur en inductiespanning:
 - bouw en werking van dynamo.
- *20 de functie en toepassing van de transformator aangeven:
 - toepassing van de regels voor spanning, stroom en vermogen bij een ideale transformator;
 - uitleggen waarom een transformator gebruikt wordt bij transport en distributie van elektrische energie;
 - de functie aangeven van een transformator bij het scheiden van circuits in verband met de veiligheid;
 - elektrisch lassen.
- *21 wisselspanningen en wisselstromen meten met een oscilloscoop, een multimeter en een computer:
 - maximale waarde van de wisselspanning;
 - effectieve waarde van de wisselspanning;
 - periode en frequentie.

Formules bij de subdomeinen Elektro-magnetisme en Opwekking en transport van elektrische energie:

Domein C: Beeld en geluid

Subdomein: Beeld en geluid waarnemen

De kandidaat kan

- 22 berekeningen maken met de brekingswetten:
 - tekenen van de lichtweg;
 - hoek van inval, hoek van breking, brekingsindex;
 - grenshoek.
- 23 met de brekingswetten het doorgeven van licht door een glasvezelkabel en de kleurschifting in een prisma beschrijven:
- 24 de plaats en de grootte van het reële beeld bepalen bij het gebruik van een positieve lens door een tekening en een berekening:
 - lenzenformule en lineaire vergroting;
 - menselijk oog, nabijheidspunt, accommodatie;

- foto toestel, overhead-projector, dia-projector.
- 25 uitleggen op welke wijze een vergroot beeld wordt waargenomen bij het gebruik van een loep in de situatie van een geacommodeerd oog:
- in een tekening de vorming van het virtuele beeld schematisch weergeven;
 - in een proef de plaats van het virtuele beeld bepalen.
- 26 aangeven welke technieken en principes gebruikt worden om beeld en geluid vast te leggen en over te brengen:
- digitale techniek;
 - magneetband en compact-disc.
- 27 voorbeelden noemen van toepassingen van ultrasoon geluid en laserlicht in de gezondheidszorg:
- echografie;
 - glasvezeltechniek.

Formules bij het subdomein Beeld en geluid waarnemen:

Subdomein: Eigentrillingen en golven

De kandidaat kan

- *28 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.
- *29 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:
- gebruik van formules voor de trillingstijd.
- *30 de uitbreiding van geluid en licht in de vorm van lopende golven beschrijven:
- golflengte, frequentie en golfsnelheid;
 - faseverschil, afstand en golflengte.
- *31 versterking en verzwakking van geluid door interferentie in verband brengen met faseverschillen.
- *32 het ontstaan van resonantie verklaren in termen van meetrillen, periodieke energieoverdracht en vergroting van de amplitude bij samenwerking van trillingen in fase:
- werking snaar- en blaasinstrumenten (zonder uitleg als staande golf);
 - gebruik van formules voor eigenfrequenties;
 - proeven met gekoppelde trillingen en slingers;
 - te nemen maatregelen tegen ongewenste resonanties.
- *33 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.

Formules bij het subdomein Eigentrillingen en golven:

Domein D: Kracht en beweging

Subdomein: Krachten, rust en eenparige beweging

De kandidaat kan

- 34 de eerste wet van Newton uitleggen aan de hand van voorbeelden:
- evenwicht van krachten;
 - systemen in rust of eenparige beweging.
- 35 krachten op een systeem weergeven als vectoren en hiermee krachten berekenen in situaties van rust en constante snelheid:
- in een tekening krachten samenstellen en ontbinden;
 - de grootte berekenen; alleen bij twee onderling loodrechte componenten.

- 36 de begrippen arbeid en vermogen gebruiken om de krachtoverbrenging bij werktuigen en bij het menselijk lichaam uit te leggen:
- hellend vlak, hef- en hijswerktuigen;
 - tandwielen, de fiets.
- 37 met de hefboomwet krachten berekenen in toepassingen van hefboomen in evenwicht, bij het menselijk lichaam, werktuigen en technische constructies:
- zwaartepunt als aangrijpingspunt van de zwaartekracht;
 - als er twee krachtmomenten werken, het moment van een kracht berekenen;
 - hellend vlak, hef- en hijswerktuigen;
 - tandwielen, de fiets.
- 38 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 van brandstoffen;
 - rendement van motoren;
 - milieu-effecten van motoren.

Subdomein: Energie en beweging

De kandidaat kan

- 39 met de tweede wet van Newton de resulterende kracht of de versnelling berekenen:
- zwaartekracht en valversnelling;
 - versnellen vanuit rust.
- 40 plaats-tijd-diagrammen interpreteren:
- snelheid bepalen met behulp van raaklijn;
 - in een diagram van een valbeweging met wrijving de eindsnelheid bepalen.
- 41 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.
- 42 berekeningen maken bij een vrije val vanuit rust:
- valversnelling, valtijd, snelheid, hoogte.
- 43 de horizontale verplaatsing berekenen bij een horizontale worp.
- 44 de wet van behoud van energie toepassen bij een vrije val, verticale worp omhoog en horizontale worp:
- arbeid door de zwaartekracht, zwaarte-energie;
 - energieomzetting, bewegingsenergie;
 - veerenergie, warmte-ontwikkeling bij het bereiken van de ondergrond;
 - hoogte, grootte van de beginsnelheid, grootte van de eindsnelheid.
- 45 onderzoek doen aan energieomzettingen en krachten bij werktuigen, fietsen, modellen van auto's of in situaties van sport of conditietraining.

Formules bij de subdomeinen Krachten, rust en eenparige beweging en Energie en beweging:

Subdomein: Versnellen en vertragen

De kandidaat kan

*46 de tweede en derde wet van Newton toepassen:

- bij berekeningen aan systemen en deelsystemen in situaties van voertuigen;
- onderscheid tussen systeem en deelsysteem;
- onderscheid inwendige en uitwendige krachten;
- schematische vectortekening van krachten.

*47 de grootheden noemen die een rol spelen bij het eenparig versnellen van voertuigen en hiermee gegeven problemen oplossen:

- gemiddelde snelheid, snelheid en versnelling;
- afgelegde weg, arbeid en kinetische energie;
- aandrijfkraft;
- wrijvingskracht: lucht-, schuif- en rolweerstand;
- normaalkraft.

*48 problemen over de veiligheid in het verkeer oplossen, gebruikmakend van natuurkundige begrippen en relaties:

- remweg, reactietijd, veilige snelheid en veilige afstand;
- traagheid, massa, invloed van het wegdek.

*49 onderzoeken hoe de optredende effecten bij een botsing kunnen worden verminderd:

- veiligheidsgordel, veiligheidshelm, hoofdsteun, kreukelzone en kooiconstructie, airbag, remsystemen.

Subdomein: Cirkelbeweging

De kandidaat kan

*50 de begrippen baansnelheid, omlooptijd en toerental toepassen bij een eenparig ronddraaiend voorwerp, in situaties van voertuigen en techniek.

*51 de factoren noemen die een rol spelen bij het nemen van een bocht:

- aanwijzen van de kracht die optreedt als middelpuntzoekende kracht;
- vectortekeningen van krachten.

*52 berekenen hoe groot de snelheid maximaal is om veilig een bocht te kunnen nemen in situaties waarbij alleen de wrijvingskracht een middelpuntzoekende kracht levert:

- verband tussen middelpuntzoekende kracht, snelheid en straal.

*53 met een berekening aantonen dat het mogelijk is om in de kar van een kermisattractie over de kop te gaan zonder gevaar om uit de kar te vallen bij voldoende grote snelheid:

- bepaling van de kromtestraal van een kromme baan;
- zwaartekracht en normaalkraft als middelpuntzoekende kracht in hoogste en laagste punt.

Formules bij de subdomeinen Versnellen en vertragen en Cirkelbeweging:

Domein E: Materie en energie

Subdomein: Energie

De kandidaat kan

54 macroscopische verschijnselen verklaren met behulp van modellen van de materie:

- temperatuur en warmtetransport (atomen en moleculen);
- elektromagnetische straling (atomen);
- ioniserende straling (atoomkernen).

55 berekeningen maken met de energiebalans:

- soortelijke warmte, warmtecapaciteit;
- verwarming van ruimtes;
- warmtehuishouding van het menselijk lichaam.

56 de werking van warmte-isolerende maatregelen verklaren aan de hand van de verschillende vormen van warmtetransport:

- geleiding en stroming;
 - straling;
 - isolatiemateriaal, thermoskan, ruimteverwarming.
- 57 het rendement van energieomzettingen berekenen.
- 58 onderzoeken op welke wijze het rendement van energie-omzettingen kan worden verhoogd:
- wet van behoud van energie;
 - rendement van energie-omzettingen.
- 59 aan de hand van verzamelde informatie factoren bespreken die een rol spelen bij het duurzamer gebruik maken van energie in situaties van verkeer en vervoer:
- opslag van energie in een vliegwiel;
 - energiegebruik en massa;
 - hergebruik van materialen;
 - dilemma tussen energiegebruik en veiligheid.

Subdomein: Straling en gezondheidszorg

De kandidaat kan

- 60 de verschillende soorten ioniserende straling en hun eigenschappen beschrijven:
- achtergrondstraling, röntgenstraling, α -, β - en γ -straling;
 - ioniserend en doordringend vermogen;
 - detectie: GM-buis, badge;
 - isotoop en röntgenbuis.
- 61 eenvoudige berekeningen maken waarbij de halveringstijd een rol speelt:
- alleen bij veelvoud van de halveringstijd;
 - vervalcurve, activiteit.
- 62 een vervalvergelijking van een radio-actieve kern opstellen als gegeven is welke straling wordt uitgezonden:
- atoomnummer, massagetal, isotoop.
- 63 de effecten bespreken van ioniserende straling op de mens en het milieu:
- schema: bron, straling, ontvanger;
 - bestraling en besmetting;
 - absorptie, stralingsdosis en dosisequivalent;
 - stralingsnormen;
 - afwegen van risico's.
- 64 toepassing van ioniserende straling verklaren in industrie en techniek:
- doorstraling van voedsel;
 - materiaalonderzoek;
 - meettechniek, halveringsdikte;
 - gebruik van tracers.
- 65 toepassingen noemen van beschermingsmaatregelen bij het gebruik van ioniserende straling in de gezondheidszorg en techniek:
- röntgenfoto, in- en uitwendige bestraling;
 - afscherming, dracht.

Formules bij de subdomeinen Energie en Straling en gezondheidszorg:

Subdomein: Kernenergie en techniek

De kandidaat kan

- *66 de werking van de röntgenbuis verklaren:
- thermische emissie van elektronen;
 - versnelspanning en kinetische energie;
 - omzetting van kinetische energie in straling bij de anode;
 - omrekenen van eV in joule.
- *67 de werking van een kerncentrale verklaren:
- reactievergelijkingen;
 - kettingreactie, kritiek zijn, verrijkt uranium;
 - veiligheidsvoorzieningen bij winning, transport, gebruik, opwerking en afval.
- *68 aangeven hoe de energieproductie in de zon tot stand komt:

- kernfusie;
- ontstaan van elementen, reactievergelijking.

*69 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.

Formules bij het subdomein Kernenergie en techniek: