



Conceptexamenprogramma natuurkunde vwo



Conceptexamen- programma

Natuurkunde

Vwo

Maart 2025

slo



een doordacht curriculum
dat doen we *samen*

Verantwoording



2025 SLO, Amersfoort

Mits de bron wordt vermeld, is het toegestaan zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren en/of verspreiden en om afgeleid materiaal te maken dat op deze uitgave is gebaseerd.

Auteur

SLO

Informatie

SLO

Postbus 502, 3800 AM Amersfoort

Telefoon (033) 4840 840

Internet: www.slo.nl

E-mail: info@slo.nl

AN 9.8055.075

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
Leeswijzer	4
Meer informatie	4
2. Karakteristiek natuurkunde	5
Kenmerken van natuurwetenschappen en technologie	5
Natuurwetenschappen en technologie in de schoolvakken	5
Kenmerken van het vak natuurkunde	6
Natuurkunde als schoolvak	7
Natuurkunde in de schoolsoorten	7
Vmbo	7
Havo	8
Vwo	8
3. Raamwerk met domeinen en subdomeinen	9
4. Eindtermen	10
Domein A Aard van de natuurwetenschappen en technologie	10
Domein B Concepten	12
Subdomein B1 Mechanica – beweging	12
Subdomein B2 Elektriciteit en magnetisme	15
Subdomein B3 Materie en straling	16
Subdomein B4 Energievoorziening	18
Subdomein B5 Keuze	19
Domein C Denkwijzen	22
Domein D Vraagstukken	25
Subdomein D1 Vraagstukken	25
Subdomein D2 Contexten	26
Domein E Werkwijzen	26
Subdomein E1 Werkwijzen 1	26
Subdomein E2 Werkwijzen 2	30
Domein F Zelfontwikkeling	33
Bijlage – Begrippenlijst natuurkunde	36

1. Inleiding

Voor je ligt het conceptexamenprogramma natuurkunde voor het vwo. De afgelopen twee en half jaar heeft de vakvernieuwingscommissie natuurwetenschappelijke vakken dit conceptexamenprogramma ontwikkeld – tegelijkertijd en in samenhang met de andere conceptexamenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken voor alle schoolsoorten en leerwegen. SLO voert in [opdracht](#) van het ministerie van OCW regie over de actualisatie van het gehele curriculum.

Op basis van dit conceptexamenprogramma ontwikkelt het College voor Toetsen en Examens (CvTE) een conceptsyllabus voor de inhouden die aan het centraal examen zijn toegewezen.

SLO zal de conceptexamenprogramma's en -syllabi beproeven in de onderwijspraktijk. De feedback die wordt opgehaald bij leerlingen, leraren en andere betrokkenen wordt gewogen en waar nodig worden het conceptexamenprogramma en de conceptsyllabus aangescherpt. Daarna worden de documenten vastgesteld door het ministerie van OCW. Vanaf dat moment kunnen het definitieve examenprogramma en de syllabus geïmplementeerd worden.

Leeswijzer

Dit conceptexamenprogramma begint met een karakteristiek, waarin de visie op natuurkunde – vwo en de positie van het vak in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs staat beschreven. Daarna volgt het raamwerk: een schematische weergave van de inhouden per domein of subdomein en een verdeling van inhouden over school- en centraal examen. Vervolgens volgen de eindtermen. Per eindterm is een doelzin, uitwerking ('Het gaat hierbij om') en een illustratie ('Te denken valt aan') opgenomen. Tot slot staat in de bijlage de begrippenlijst.

Meer informatie

Meer informatie over de inhoudelijke keuzes en de inrichting van het proces is te vinden in het toelichtingsdocument conceptexamenprogramma's (Brouwers-Meeuwis, Goedegebure, Meijer, Oldenbeuving, Woldhuis, 2025).

Alle informatie over de totstandkoming, de opzet, werkwijze en inhoud van de conceptexamenprogramma's is te vinden op: <https://www.actualisatie-examenprogrammas.nl/natuurwetenschappelijke-vakken>.

2. Karakteristiek natuurkunde

Kenmerken van natuurwetenschappen en technologie

Natuurkunde is – net als biologie en scheikunde – een natuurwetenschappelijk schoolvak. Als zodanig is het nauw verweven met technologie en met de schoolvakken natuur, leven en technologie (nlt) en Onderzoek en Ontwerpen (O&O). De natuurwetenschappen bestuderen de natuurlijke werkelijkheid, technologie verandert haar. Natuurwetenschappen onderzoeken de natuurlijke wereld om ons heen, zowel levend als niet-levend. Dat doen ze op alle schalen met behulp van theorie- en modelvorming, toetsbare voorspelling en waarneming. Technologie hanteert kennis en vaardigheden voor het ontwerpen, bouwen en gebruiken van voorwerpen en systemen om problemen op te lossen en behoeften te vervullen. Bij het onderzoeken en ontwerpen maken natuurwetenschappen en technologie gebruik van vergelijkbare en specifieke denk- en werkwijzen. De resultaten van de natuurwetenschappen en van technologie – evenals de ontwikkeling van hun methodes – zijn het product van menselijk handelen. Ze maken al eeuwen deel uit van de menselijke cultuur.

Natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkeling versterken elkaar. Hiermee krijgen mensen steeds weer nieuwe manieren om hun leef- en werkomgeving te begrijpen en beïnvloeden. Dat laatste biedt kansen, maar ook uitdagingen voor de maatschappij en planeet aarde.

Natuurwetenschappen en technologie in de schoolvakken

In de onderbouw wordt via de kerndoelen mens en natuur de basis gelegd voor natuurwetenschappelijke en technologische concepten, denkwijzen en werkwijzen. In de bovenbouw worden deze verder uitgediept in de disciplinaire vakken biologie, natuurkunde en scheikunde, en op havo en vwo de interdisciplinaire vakken nlt en O&O. Het zijn profiel(keuze)vakken met een algemeen vormend karakter. Van onderbouw naar bovenbouw verschuift de nadruk. In de onderbouw gaat het vooral om inhouden die leerlingen nodig hebben in hun persoonlijk leven en als burger in de samenleving. In de bovenbouw zijn de inhouden meer relevant voor vervolgopleidingen en toekomstige werkvelden en beroepen.

De natuurwetenschappelijke en technologische denk- en werkwijzen dragen bij aan de ontwikkeling van een onderzoekende houding en het probleemoplossend vermogen van leerlingen. Samenwerken en reflectie op eigen bijdragen en interesses ondersteunen hun persoonlijke ontwikkeling. De vakken besteden aandacht aan hoe natuurwetenschappelijke kennis en technologische producten

tot stand komen. Dit stelt leerlingen in staat de waarde en betrouwbaarheid van uitspraken over natuurwetenschappen en technologie te beoordelen. Daarmee – in combinatie met relevante conceptuele kennis – kunnen leerlingen in het dagelijks leven een eigen mening vormen en beredeneerd beslissingen nemen over maatschappelijke en persoonlijke vragen waarin natuurwetenschappelijke kennis of technologie een rol speelt.

De natuurwetenschappelijke vakken staan niet los van de andere vakken. Veel natuurwetenschappelijke en technologische vraagstukken brengen maatschappelijke of morele aspecten met zich mee die zich lenen voor het onderzoeken van burgerschapsvraagstukken. Wiskunde speelt een onmisbare rol in de natuurwetenschappen, met name statistiek, wiskundig modelleren en het gebruik van wiskundige technieken. Digitale geletterdheid wordt binnen de vakken aangesproken en versterkt. Dat gebeurt bij het verzamelen, categoriseren en presenteren van data en bij het gebruiken, aanpassen en maken van computermodellen. Verder zijn een goede algemene taalbeheersing en beheersing van de vaktaal noodzakelijk, zowel voor begripsontwikkeling als bij het formuleren van precieze en gestructureerde redeneringen. Op het vmbo bieden de vakken ondersteuning bij de beroepsgerichte vakken en praktijkgerichte programma's, doordat leerlingen concepten, denk- en werkwijzen aanleren die hiervoor relevant zijn.

Kenmerken van het vak natuurkunde

Natuurkunde is de fundamentele wetenschap die materie bestudeert: haar gedrag in ruimte en tijd, haar fundamentele bouwstenen en concepten, zoals energie, straling en kracht, die nodig zijn voor deze bestudering. Ze doet dit op elke schaal: van subatomair tot kosmisch. In de natuurkunde spelen modellen een centrale rol. Natuurkundigen gebruiken deze modellen om te beschrijven, te verklaren en voorspellingen te doen. Deze modellen en voorspellingen vormen de basis voor de ontwikkeling en validatie van natuurkundige theorieën. Natuurkundige modellen kenmerken zich vaak door wiskundige formuleringen, abstractie en denkwijzen, zoals behoudswetten en het denken in ordes van grootte en verhoudingen.

Natuurkunde wordt in heel uiteenlopende toepassingsgebieden gebruikt, onder andere in techniek, landbouw, chemie en zorg. Het vormt de basis voor veel technologische ontwikkelingen. De kennis en inzichten van natuurkunde spelen een belangrijke rol bij veel maatschappelijke vraagstukken, zoals energievoorziening en automatisering.

Natuurkunde als schoolvak

Op vmbo is natuurkunde een verplicht vak in de technische profielen. Daarnaast is het op vmbo-bb, -kb en -gl een profielkeuzevak in de profielen Groen en Dienstverlening & Producten. Op vmbo-tl is het een profielkeuzevak in het profiel Groen. Op havo en vwo is natuurkunde een verplicht vak in het profiel Natuur & Techniek en een profielkeuzevak in het profiel Natuur & Gezondheid. Natuurkunde kan in alle schoolsoorten en leerwegen ook in het vrije deel worden aangeboden. Natuurkunde wordt in alle schoolsoorten en leerwegen afgesloten met een schoolexamen en een centraal examen.

Het vak brengt leerlingen in aanraking met verschillende deelgebieden van de natuurkunde en met een wiskundige manier van werken, en is daarmee relevant voor een brede waaier van mogelijke vervolgopleidingen. Daarnaast scherpt het vak het analytisch denken van leerlingen, wat nog veel breder van toegevoegde waarde is.

Natuurkunde in de schoolsoorten

Op alle schoolsoorten en leerwegen is domein B Concepten het startpunt voor het examenprogramma.

Vmbo

Op het vmbo is natuurkunde gericht op het herkennen en toepassen van natuurkundige inhouden in dagelijkse en beroepscontexten. Leerlingen leren natuurkundige modellen te gebruiken om situaties te beschrijven, onderdelen van een onderzoek uit te voeren en wiskunde te gebruiken voor praktisch relevante berekeningen. Leerlingen maken kennis met hedendaagse technieken en kijken hoe die toepasbaar zijn in praktische situaties. Dit alles bereidt hen voor op het mbo, vooral de technische opleidingen.

Vmbo-bb

Op vmbo-bb is de inhoud vooral afgestemd op praktijksituaties en op de profielen waarin natuurkunde een plek heeft. Leerlingen leren woordformules te gebruiken in standaardsituaties en oefenen praktische vaardigheden.

Vmbo-kb

Op vmbo-kb komen, naast de natuurkunde die past bij de profielen en praktijksituaties, meer algemeen vormende aspecten van natuurkunde aan bod. Leerlingen leren symboolformules te gebruiken en passen deze vaker toe dan op vmbo-bb. Ook oefenen ze met praktijkgerichte onderzoeksvaardigheden.

Vmbo-gl/tl

Op vmbo-gl/tl is er, naast een brede algemeen vormende natuurkunde, ook plaats voor inhoud die is afgestemd op de profielen. Leerlingen worden voorbereid op de doorstroom naar het mbo of het havo. Ze leren formules om te schrijven en oefenen met praktijkgerichte onderzoeks- en ontwerpvaardigheden.

Havo

Op het havo is natuurkunde gericht op het toepassen van natuurwetten en natuurkundige technieken. Hierbij wordt geoefend met onderzoeken en ontwerpen. Leerlingen leren modellen aan te passen, de ontwerpcyclus te doorlopen en technologie te begrijpen en verklaren met behulp van natuurkundige kennis. Ze gebruiken wiskunde als veelzijdig instrument. Leerlingen maken kennis met het innoveren binnen de grenzen van bestaande natuurkundige kennis. Dit bereidt ze voor op een brede waaier van technische en medische opleidingen op het hbo.

Vwo

Op het vwo is natuurkunde gericht op het inzicht krijgen in natuurwetten, materie en natuurkundige technieken. Daarom ligt er veel nadruk op fundamentele natuurkundige kennis en denkwijzen. Leerlingen leren modellen te ontwerpen voor bekende situaties, eigen onderzoeksvragen te formuleren en beantwoorden, en technieken en technologieën te analyseren en verbeteren. Ze leren wiskunde te gebruiken als taal binnen de natuurkunde. Leerlingen leren de grenzen van bestaande natuurkundige kennis te verkennen en te innoveren met nieuwe kennis. Dit bereidt ze voor op een brede waaier van wetenschappelijke vervolgopleidingen in de natuurwetenschappelijke, technische en medische sector.

3. Raamwerk met domeinen en subdomeinen

Hieronder vind je het raamwerk van natuurkunde geordend naar domeinen en subdomeinen. Daarbij is een verdeling gemaakt van inhouden over het schoolexamen (SE) en centraal examen (CE).

Domeinindeling	Titel (sub)domein	Toewijzing SE-CE	
		SE	CE
Domein A	Aard van de natuurwetenschappen en technologie	x	
Domein B	Concepten		
Subdomein B1	Mechanica – beweging		x
Subdomein B2	Elektriciteit en magnetisme	x	
Subdomein B3	Materie en straling		x
Subdomein B4	Energievoorziening	x	
Subdomein B5	Keuze	x	
Domein C	Denkwijzen	x	x
Domein D	Vraagstukken		
Subdomein D1	Vraagstukken	x	
Subdomein D2	Contexten	x	x
Domein E	Werkwijzen		
Subdomein E1	Werkwijzen 1	x	
Subdomein E2	Werkwijzen 2	x	x
Domein F	Zelfontwikkeling	x	

4. Eindtermen

Domein A Aard van de natuurwetenschappen en technologie

Eindterm 1

De leerling verkent de aard van natuurkunde. (E)

Het gaat hierbij om:

- verkennen van het werk- en onderzoeksgebied van natuurkundigen;
- verkennen welke vragen natuurkundigen stellen;
- verkennen hoe niet-natuurwetenschappelijke vakken kunnen bijdragen aan natuurkunde.

Te denken valt aan:

- onderzoeken welke rol natuurkunde speelt in klimaatonderzoek;
- een presentatie geven over de rol van waarnemingen, experimenten, modellen, wiskunde en technologie in de natuurkunde;
- onderscheiden van vragen die natuurkundigen stellen aan de hand van interviews met natuurkundigen.

Eindterm 2

De leerling toont inzicht in de totstandkoming en de gevolgen van de inzet van technologie. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven dat technologie wordt ontwikkeld om problemen op te lossen of behoeften te vervullen;
- verklaren van mogelijkheden en onmogelijkheden van technologie;
- beschrijven hoe bij de ontwikkeling van technologie rekening wordt gehouden met de gewenste en ongewenste gevolgen ervan;
- beschrijven hoe technologie de maatschappij beïnvloedt.

Te denken valt aan:

- een presentatie geven over de 'oorlog van de stromen', met de overwegingen die een rol speelden bij de keuze voor wisselstroom en de gevolgen daarvan voor de huidige maatschappij;
- een uitleg geven, aan de hand van een populairwetenschappelijk artikel, over het feit dat 'de beste scheepsschroef' niet bestaat maar dat voor ieder schip een andere optimalisatie nodig is.

Eindterm 3

De leerling toont inzicht in de totstandkoming en betrouwbaarheid van wetenschappelijk kennis. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van de rol van theorie- en modelvorming, toetsbare voorspelling en waarneming in de totstandkoming van wetenschappelijke kennis;
- vergelijken van natuurwetenschappelijke uitspraken op onzekerheid, voorlopigheid en generaliseerbaarheid;
- verklaren waarover wel en geen natuurwetenschappelijke uitspraken kunnen worden gedaan;
- beschrijven van de rol van toeval, sleutelexperimenten en - waarnemingen bij de ontstaansgeschiedenis van natuurwetenschappelijke kennis;
- onderbouwen van de betrouwbaarheid van wetenschappelijke kennis vanuit zijn totstandkoming.

Te denken valt aan:

- deelnemen aan een debat over de bouw van een nieuwe kerncentrale, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen wetenschappelijke, ethische, politieke en maatschappelijke standpunten;
- een essay schrijven over hoe de speciale relativiteitstheorie de grenzen van de toepasbaarheid van de newtoniaanse mechanica zichtbaar maakt;
- een presentatie geven over de rol van de UV-catastrofe, het foto-elektrisch effect en gekwantiseerde spectra in de ontwikkeling van de kwantummechanica.

Eindterm 4

De leerling beschrijft hoe natuurwetenschap en technologie worden beïnvloed. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven hoe maatschappelijke belangen invloed hebben;
- beschrijven hoe de cultuurhistorische en sociaal-culturele context invloed hebben;

- beschrijven hoe creativiteit, verbeeldingskracht en persoonlijke drijfveren invloed hebben;
- beschrijven hoe natuurwetenschap en technologie elkaar beïnvloeden.

Te denken valt aan:

- de verschillende belangen (militair, civiel, maatschappelijk) onderzoeken die een rol speelden in de ontwikkeling van GPS;
- onderzoeken welke culturele en technische redenen er zijn voor het verschil tussen fietsen met en zonder stang;
- illustreren dat creativiteit nodig is om toepassingen te zien van wetenschappelijke ontdekkingen, aan de hand van de uitvinding van de magnetron.

Domein B Concepten

Subdomein B1 Mechanica – beweging

Eindterm 5

De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor rechtlijnige bewegingen en eenparige cirkelbewegingen. (B)

Het gaat hierbij om:

- verbanden leggen tussen bewegingen, (x,t) -, (v,t) - en (a,t) -diagrammen, ten minste met de raaklijn- en oppervlaktemethode;
- analyseren van eenparige bewegingen en eenparige versnelde bewegingen met integraal- en differentiaalrekening.

Te denken valt aan:

- maken en analyseren van een (x,t) -, (v,t) - en (a,t) -diagram op basis van een videofragment van een valbeweging;
- meten van de snelheid van een eenparige beweging met behulp van een luchtkussenbaan.

Eindterm 6**De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor kracht bij bewegingen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- toepassen van vectorkenmerken van een kracht bij beweging: samenstellen en ontbinden;
- toepassen van weerstandskrachten, zwaartekracht, gewicht, normaalkracht en dichtheid;
- toepassen van de eerste, tweede en derde wet van Newton bij bewegingen;
- analyseren van eenparige cirkelbewegingen als gevolg van een middelpuntzoekende kracht.

Te denken valt aan:

- construeren hoe krachten bij een slee op een helling elkaar opheffen of versterken;
- een grafiek maken van hoe het gewicht van een persoon verandert tijdens een ritje met een lift;
- de eerste wet van Newton ervaren door een rauw ei op een lange koker boven op een kop water met een afdekplaat te plaatsen, en deze afdekplaat plotseling weg te trekken;
- de versnelling meten met een mobiel in een draaiende kermisattractie;
- het maken van een numeriek model van een parachutesprong en deze vergelijken met een videofragment.

Eindterm 7**De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor energieomzetting bij bewegingen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- analyseren van bewegingen met de wet van behoud van energie;
- analyseren van bewegingen met het verband tussen arbeid, kracht en kinetische energie;
- analyseren van bewegingen in een krachtenveld met potentiële energie als integraal van kracht.

Te denken valt aan:

- energiediagrammen maken van een benzine- en een elektrische auto;
- de arbeid berekenen die een cheeta verricht om op topsnelheid te komen;
- het aantal calorieën berekenen dat nodig is om een marathon te lopen;
- een numeriek model maken van de sprong van een kangoeroe, en met dit model de veerenergie bepalen die in een kangoeroepoot zit opgeslagen;
- de formule voor de zwaarte-energie afleiden uit de formule voor de zwaartekracht.

Eindterm 8

De leerling toont inzicht in modellen voor trillingen en golven. (B)

Het gaat hierbij om:

- interpreteren van diagrammen van trillingen en golven;
- verband leggen tussen harmonische trillingen, terugwerkende kracht en veerenergie;
- analyseren van lopende en staande golven, ten minste in de context van licht en geluid;
- verklaren van resonantie met behulp van eigenfrequenties;
- verklaren van interferentiepatronen met behulp van fase- en weglengteverschil, ten minste in de context van licht en geluid.

Te denken valt aan:

- een numeriek model maken van een harmonische trilling op basis van de wet van Hooke;
- praktisch onderzoek doen naar zwevingen;
- praktisch bepalen van de geluidssnelheid met behulp van staande golven;
- een bronnenonderzoek uitvoeren naar verschillen in hartslag tussen dieren;
- interferentie ervaren tijdens een demonstratie op het schoolplein met twee luidsprekers die in fase één frequentie voortbrengen.

Subdomein B2 Elektriciteit en magnetisme

Eindterm 9

De leerling analyseert elektrische schakelingen en onderzoekt deze. (B)

Het gaat hierbij om:

- analyseren van de werking van gemengde schakelingen op basis van kenmerkende eigenschappen van elektrische componenten;
- analyseren van energieomzettingen in elektrische schakelingen;
- toepassen van de soortelijke weerstand bij een draad;
- toepassen van de wet van Ohm, stroom als bewegende lading en potentiaalverschil in gemengde schakelingen;
- praktisch onderzoeken van karakteristiek gedrag van elektrische componenten.

Te denken valt aan:

- een Wheatstone-brug bouwen om nauwkeurig spanning te meten en de werking ervan analyseren;
- de soortelijke weerstand van constantaan bepalen door draden van verschillende diktes en lengtes met elkaar te vergelijken;
- de inwendige weerstand van een voedingsbron bepalen;
- het rendement bepalen van een elektromotor door hiermee een blokje op te tillen;
- de stroom meten bij verschillende spanningen voor twee verschillende diodes en zo hun karakteristieken vergelijken.

Eindterm 10

De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor elektromagnetisme. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van elektrische velden als het gevolg van lading, met veldlijnen;
- analyseren van het gedrag van een geladen deeltje in een homogeen of radiaal elektrisch veld aan de hand van kracht, potentiaal en energiebehoud;
- beschrijven van een magnetisch veld als het gevolg van een permanente magneet of bewegende lading, met veldlijnen;

- analyseren van de beweging van lading in een magnetisch veld onder invloed van de Lorentzkracht;
- analyseren van inductieverschijnselen met behulp van magnetische flux, ten minste in de context van generator en transformator.

Te denken valt aan:

- een numeriek model maken voor de versnelling van lading in een deeltjesversneller;
- experimenteren met een vallende magneet en de fluxverandering die hierbij hoort;
- het elektrisch veld voorspellen bij een bepaalde ladingsverdeling en dit testen in een applet;
- film bekijken over de rol van het elektrisch veld bij het bestuiven van bloemen door bijen;
- de relatie tussen de top- en effectieve spanning afleiden.

Subdomein B3 Materie en straling

Eindterm 11

De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor de opbouw van atomen en de interactie met elektromagnetische straling. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van de toepasbaarheid en beperkingen van het atoommodel van Bohr;
- analyseren van energieniveauschema's aan de hand van de begrippen fotonenergie, absorptie, emissie en ionisatie;
- conclusies trekken over de samenstelling, de temperatuur, de intensiteit, het uitgestraalde vermogen en de snelheid van sterren op basis van hun continue en discrete spectra.

Te denken valt aan:

- een congresposter maken over de evolutie van het atoommodel;
- de temperatuur bepalen van een ster met behulp van de bijbehorende Planckkromme;
- een spectroscop maken met behulp van een tralie;
- een reeks sterren in het Hertzsprung-Russelldiagram plaatsen en hierbij uitleggen waarom ze op de juiste plek staan;
- presenteren welke waarnemingen in het heelal leidden tot de wet van Hubble-Lemaître en hoe dat bijdroeg aan kennis over de leeftijd van het heelal.

Eindterm 12

De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor de wisselwerking tussen ioniserende straling en radioactief verval. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van de kenmerken van alfa-, bèta- en gammastraling;
- analyseren van het radioactief verval van isotopen aan de hand van de activiteit als afgeleide van het aantal kernen en de halveringstijd;
- toepassen van de begrippen dracht, halveringsdikte, fotonenergie en equivalente dosis bij toepassingen van ioniserende straling;
- toepassen van behoud van massa- en ladingsgetal bij verval-, fusie- en kernreacties;
- analyseren van verval-, fusie- en splijtingsreacties met massadefect en bindingsenergie.

Te denken valt aan:

- het kansproces van radioactief verval simuleren met dobbelstenen;
- verschillende typen kernreactoren vergelijken op basis van de gebruikte isotopen en de betrokken kernreacties;
- een poster maken over een vorm van therapie of medische beeldvorming waarbij ioniserende straling wordt gebruikt, met speciale aandacht voor de gebruikte stralingsbescherming;
- de formule voor de activiteit als functie van het aantal kernen afleiden uit de formule voor het aantal kernen als functie van de tijd;
- de energieopbrengst bij kernfusie en kernsplijting vergelijken.

Eindterm 13

De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor quantumfysische verschijnselen en toepassingen. (B)

Het gaat hierbij om:

- verklaren van interferentie van quanta met behulp van de De Broglie-golflengte, waarschijnlijkheidsverdelingen en het superpositieprincipe;
- analyseren van opgesloten deeltjes aan de hand van de begrippen golf functie, potentiële energie en kinetische energie bij opsluiting in een oneindige eendimensionale potentiaalput en bij het waterstofatoom;

- interpreteren van een waarschijnlijkheidsverdeling van een deeltje in een oneindige eendimensionale potentiaalput;
- beschrijven van het verband tussen de eigenschappen van stoffen en materialen op macroniveau en hun bouw op subatomair niveau, met de begrippen elektronspin en uitsluitingsprincipe van Pauli.

Te denken valt aan:

- het dubbelspleetexperiment met deeltjes, licht en elektronen onderzoeken in een simulatieprogramma;
- voorspellen, observeren en verklaren van het gedrag van elektronen in een elektronendiffractiebus;
- presenteren hoe de UV-catastrofe laat zien dat klassieke natuurkunde niet in staat is om de wereld om ons heen volledig te beschrijven;
- redeneren hoe de vorm van de potentiaalput van waterstof zorgt voor een andere afstand tussen de energieniveaus in vergelijking met de oneindige potentiaalput;
- de constante van Planck bepalen door het bepalen van de drempelspanning van verschillende LEDs.

Subdomein B4 Energievoorziening

Eindterm 14

De leerling onderbouwt keuzes bij het gebruik van elektrische energie met berekeningen. (B)

Het gaat hierbij om:

- keuzes voor methodes van opwekking van elektrische energie op basis van de natuurkundige kenmerken, beschikbaarheid en duurzaamheid van die methodes;
- keuzes voor opslag van energie met de begrippen batterijcapaciteit en energiedichtheid;
- keuzes voor energietransport met de begrippen energieverlies en debiet, waar van toepassing ten minste in de context van hoogspanningskabels;
- keuzes voor elektrische apparaten met de begrippen vermogen en rendement;
- analyseren van een volledige keten van energieomzettingen vanaf de energiebron tot de consumptie van energie.

Te denken valt aan:

- een adviesrapport schrijven over de voordelen, nadelen en voorwaarden voor het gebruik van zonnepanelen voor de elektriciteitsproductie;
- debatteren over het gebruik van kernenergie voor de elektriciteitsproductie;
- berekenen welk debiet nodig is in een waterstofleiding naar een elektriciteitscentrale op waterstof om een bepaald vermogen te kunnen leveren;
- een praktisch onderzoek uitvoeren naar het rendement van een huishoudelijk apparaat;
- een onderwijsleergesprek voeren over verschillen en overeenkomsten in energieomzettingen tussen een kolencentrale, een kerncentrale en een windmolen.

Subdomein B5 Keuze

Bevoegd gezag kiest twee van de eindtermen naar keuze (15-19).

Eindterm 15

De leerling past natuurkundige modellen toe in biologische contexten. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van de werking van zintuigen op basis van natuurkundige modellen;
- onderzoeken hoe natuurkundige principes of technieken worden gebruikt om kennis te krijgen over biologische processen.

Te denken valt aan:

- een presentatie geven over de werking van het oog en het gebruik van brillen met behulp van geometrische optica;
- een infographic maken over de werking van het oor met behulp van trillingen en golven;
- technieken voor medische beeldvorming vergelijken op basis van hun natuurkundige werking bij verschillende aandoeningen;
- verschillende microscopietechnieken vergelijken op basis van hun natuurkundige werking die gebruikt worden bij het bestuderen van cellen, bacteriën en virussen.

Eindterm 16**De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor processen in het systeem aarde. (B)**

Het gaat hierbij om:

- verklaren van weer- en klimaatprocessen, mede op basis van klimaatmodellen;
- toepassen van natuurkundige principes bij geodynamische of seismologische processen.

Te denken valt aan:

- een weersverwachting maken op basis van eigen metingen;
- debatteren over welke van twee klimaatmodellen betrouwbaardere uitspraken doet over een bepaald verschijnsel, gegeven de aannames van de beide modellen;
- een populairwetenschappelijk artikel schrijven over de kern van de aarde.

Eindterm 17**De leerling doet ervaring op met, en toont inzicht in, de speciale relativiteitstheorie. (H)**

Het gaat hierbij om:

- ervaring opdoen met het afleiden van tijddilatatie en lengtecontractie uit het relativiteitsprincipe en de constante lichtsnelheid;
- analyseren van relativistische verschijnselen met behulp van de begrippen tijddilatatie, lengtecontractie, referentiestelsel en relatieve snelheid;
- analyseren van relativistische verschijnselen met behulp van Minkowski-diagrammen.

Te denken valt aan:

- een filmpje maken waarin een relativistisch gedachte-experiment wordt uitgelegd;
- presenteren welke rol het Michelson-Morley-experiment speelde in de ontwikkeling van de speciale relativiteitstheorie;
- een verdiepend college volgen over het belang van relativiteitstheorie bij GPS.

Eindterm 18**De leerling toont inzicht in natuurkundige modellen voor beweging in en naar de ruimte. (B)**

Het gaat hierbij om:

- analyseren van bewegingen op basis van de algemene gravitatiewet;
- analyseren van bewegingen op basis van gravitatie-energie als vorm van potentiële energie.

Te denken valt aan:

- een numerieke model maken van de ellipsbaan van een planeet rondom de zon;
- de derde wet van Kepler afleiden;
- presenteren hoe de wetenschappelijke ideeën over planeetbewegingen zijn veranderd en wat de rol van Copernicus, Ptolemaeus en Kepler hierbij was.

Eindterm 19**De leerling analyseert sensoren en ontwerpt regelsystemen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- iteratief ontwerpen van regelsystemen met gebruik van een microcontroller;
- analyseren van eigenschappen van sensoren.

Te denken valt aan:

- de fysische kenmerken van een sensor identificeren op basis van informatie van de leverancier;
- een geschikte sensor kiezen bij een gegeven casus;
- programmeren van een microcontroller voor een regelsysteem voor de bevochtiging van een plantenbak;
- een ontwerpvoorstel maken voor een regelsysteem voor het op temperatuur houden van een aquarium;
- een geijkte temperatuursensor bouwen met behulp van een NTC.

Domein C Denkwijzen

Eindterm 20

De leerling redeneert met systemen. (B)

Het gaat hierbij om:

- analyseren van een situatie met systeemgrenzen, deelsystemen, instroom en uitstroom;
- redeneren over de interacties tussen een systeem en de omgeving;
- redeneren over de interacties tussen de deelsystemen in een systeem.

Te denken valt aan:

- een auto met aanhanger als een systeem beschrijven met twee deelsystemen, en analyseren welke krachten de deelsystemen op elkaar uitoefenen en welke op de omgeving;
- uitleggen dat energie toevoegen aan een open systeem niet tegen de wet van behoud van energie ingaat.

Eindterm 21

De leerling redeneert met oorzaak en gevolg en relaties daartussen. (B)

Het gaat hierbij om:

- analyseren wat oorzaak en gevolg is bij een situatie;
- beredeneren wat mogelijke oorzaken zijn van een gegeven gevolg en wat mogelijke gevolgen zijn van een gegeven oorzaak;
- beschrijven van een oorzaak-gevolgrelatie met behulp van een onderliggend mechanisme;
- beschrijven dat niet onder ieder verband een oorzaak-gevolgrelatie ligt.

Te denken valt aan:

- uitleggen wat er gebeurt met de stroomsterkte in één tak van een parallelschakeling als je de stroomdraad in de andere tak inkort;
- uitleggen hoe een grotere remkracht zorgt voor een kortere remweg;
- benoemen dat het gegeven dat rode auto's gemiddeld sneller zijn dan auto's in andere kleuren, niet betekent dat rode verf auto's sneller maakt.

Eindterm 22**De leerling redeneert met patronen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- beschrijven van patronen in waarnemingen;
- formuleren van verwachtingen op basis van patronen.

Te denken valt aan:

- testen of er een kwadratisch verband is tussen meetgegevens;
- op basis van eerdere metingen voorspellen hoe snel een grootte afneemt.

Eindterm 23**De leerling redeneert met schaal, verhouding en hoeveelheid. (B)**

Het gaat hierbij om:

- formuleren van beredeneerde schattingen van ordes van grootte;
- vergelijken van relatieve ordes van grootte;
- redeneren met verhoudingen en andere schalingsrelaties tussen grootheden.

Te denken valt aan:

- bij jezelf nagaan of een gevonden antwoord voor de snelheid realistisch is voor een fietser;
- aangeven wat een groter vermogen heeft: een wasmachine of een spelcomputer;
- redeneren wat het effect is op de activiteit als je drie keer zo lang wacht.

Eindterm 24**De leerling redeneert met stabiliteit en verandering. (B)**

Het gaat hierbij om:

- beredeneren of een situatie in evenwicht is of niet;
- analyseren of in een evenwichtssituatie sprake is van dynamisch evenwicht;

- toepassen van de concepten terugkoppeling, stabiel en instabiel bij verstoring van een evenwichtssituatie;
- beschrijven hoe een evenwicht verstoord kan raken.

Te denken valt aan:

- aan de hand van een beschrijving van een kerncentrale uitleggen dat het evenwicht van de kettingreactie instabiel is en dus constant gereguleerd moet worden;
- uitleggen waarom een fietser na verloop van tijd met een constante snelheid beweegt terwijl er wel constant een spierkracht werkt;
- uitleggen dat de netto voorwaartse kracht op een auto kan worden vergroot door de weerstand te verkleinen of de motorkracht te vergroten.

Eindterm 25

De leerling redeneert met behoud, kringlopen en transport. (B)

Het gaat hierbij om:

- toepassen van het gegeven dat verschillende vormen van energie in elkaar kunnen worden omgezet;
- verklaren van situaties met behulp van behoud van massa, lading en energie;
- beschrijven van verschijnselen in termen van transport van massa, lading en energie.

Te denken valt aan:

- een stroomkring beschrijven als transport van de behouden grootte lading;
- uitrekenen hoe snel een auto maximaal rijdt onder aan een helling.

Eindterm 26

De leerling redeneert met de relaties tussen structuur, eigenschap, vorm en functie. (B)

Het gaat hierbij om:

- de relatie tussen microscopische structuur en macroscopische eigenschap;
- de relatie tussen vorm en bouw enerzijds en functie anderzijds.

Te denken valt aan:

- fluorescentie uitleggen aan de hand van energieniveauschema's;
- berekenen welke lengtes van buizen nodig zijn in een panfluit om een bepaalde melodie te kunnen spelen.

Domein D Vraagstukken

Subdomein D1 Vraagstukken

Eindterm 27

De leerling past relevante denkwijzen, werkwijzen en natuurkundige concepten toe bij het werken aan maatschappelijke vraagstukken. (H)

Het gaat hierbij om:

- onderzoeken welke vragen, behoeften, belangen en actoren een rol spelen;
- weergeven hoe technologie een rol speelt bij het vraagstuk;
- uitvoeren van een praktische activiteit;
- beredeneren hoe het vraagstuk op te lossen is;
- betekenis geven aan het vraagstuk voor jezelf en anderen.

Te denken valt aan:

- uitzoeken tot hoe ver in de omgeving geluid en slagschaduw van een windmolen impact hebben;
- een tijdlijn maken van ontwikkelingen in de medische beeldvorming;
- uitleggen welke vorm van elektriciteitsproductie de leerling vindt dat we in Nederland meer zouden moeten gebruiken en welke minder;
- van Lego verschillende vormen van de voorkant van een auto bouwen en testen welke de laagste luchtweerstand ondervindt.

Eindterm 28

De leerling past relevante denkwijzen, werkwijzen en natuurkundige concepten toe bij het werken aan fundamentele vraagstukken. (H)

Het gaat hierbij om:

- onderzoeken welke vragen, belangen en actoren een rol spelen;
- onderzoeken hoe kennis over het vraagstuk tot stand is gekomen;

- beredeneren hoe het vraagstuk kan worden aangepakt;
- betekenis geven aan het vraagstuk voor jezelf en anderen.

Te denken valt aan:

- een onderzoeksvoorstel schrijven voor een ruimtemissie die een zelfgekozen, nog onbeantwoorde vraag kan beantwoorden, en aangeven waarom zo'n ruimtemissie nu nog niet is uitgevoerd;
- van gegeven vragen over de bouw van materie nagaan of ze al door de wetenschap beantwoord zijn en, zo ja, hoe dat antwoord is gevonden;
- na het lezen van een tekst over de geschiedenis van het universum in gesprek gaan met klasgenoten over het effect daarvan op het wereldbeeld van de leerling.

Subdomein D2 Contexten

Eindterm 29

De leerling past concepten uit dit examenprogramma toe in contexten. (B)

Te denken valt aan:

- leefwereld-, beroeps- en wetenschappelijke contexten;
- afleiden uit de context in welke betekenis vakbegrippen worden gebruikt.

Domein E Werkwijzen

Subdomein E1 Werkwijzen 1

Eindterm 30

De leerling formuleert onderzoeks- en ontwerp vragen. (B)

Het gaat hierbij om:

- beschrijven welke benodigde of gewenste kennis nog niet beschikbaar is;
- beschrijven welk benodigd of gewenst product nog niet beschikbaar of geoptimaliseerd is;
- formuleren van onderzoeksvragen vanuit een vraagstuk of waarneming;

- formuleren van ontwerp vragen vanuit behoeftes en problemen;
- evalueren van een zelf geformuleerde onderzoeks- of ontwerp vraag op eenduidigheid, haalbaarheid en relevantie.

Te denken valt aan:

- drie onderzoeksvragen opstellen bij een gegeven practicumopstelling;
- een ontwerp probleem formuleren op basis van vooronderzoek en een interview met een probleemhebber.

Eindterm 31

De leerling voert een praktische activiteit uit. (B)

Het gaat hierbij om:

- uitvoeren van een plan van aanpak;
- zorg dragen voor een veilige omgeving;
- veilig, doelmatig en duurzaam gebruiken van digitale en analoge instrumenten, gereedschappen, stoffen en materialen;
- beschrijven van waarnemingen.

Te denken valt aan:

- een poster maken over het veilig en juist gebruik van een meetinstrument;
- de spanning over een element meten met zowel een analoge voltmeter als een digitale sensor;
- een veiligheidsbril dragen in relevante situaties;
- een voedingsbron uitschakelen voor aanpassing van een schakeling;
- tijdens een practicum opmerken dat er rook uit een weerstandje komt en daarnaar handelen.

Eindterm 32

De leerling formuleert een onderbouwd standpunt. (B)

Het gaat hierbij om:

- situaties en vraagstukken waarin natuurkundige kennis een rol speelt;
- ordenen van natuurwetenschappelijke en technologische feiten, principiële overwegingen en maatschappelijke en persoonlijke belangen;

- beoordelen van argumenten op correctheid en relevantie;
- afwegen van verschillende argumenten.

Te denken valt aan:

- standpunten en argumenten verzamelen over gaswinning in de Waddenzee en presenteren welke daarvan natuurwetenschappelijk zijn;
- een debat voeren over de plaatsing van een windmolen;
- een opiniestuk schrijven over een natuurwetenschappelijk vraagstuk.

Eindterm 33

De leerling gebruikt en communiceert informatie. (B)

Het gaat hierbij om:

- doelgericht zoeken en selecteren;
- beoordelen van de betrouwbaarheid van bronnen en de relevantie van informatie;
- doelgericht gebruiken van verschillende communicatievormen;
- toepassen van auteursrecht;
- maken van een bronvermelding.

Te denken valt aan:

- bronnen selecteren voor het schrijven van een natuurwetenschappelijk artikel;
- klassikaal presenteren van een zelf uitgediept onderwerp, ondersteund door presentatiesoftware;
- een verslag schrijven met referenties naar de gebruikte bronnen;
- bij het selecteren van afbeeldingen kijken welke Creative Commons-licentie ze hebben.

Eindterm 34

De leerling past de werkwijzen uit dit examenprogramma systematisch en iteratief toe. (B)

Het gaat hierbij om:

- toepassen van een onderzoeks- en ontwerpmethodiek;
- aanpassen van een onderzoeks- en ontwerpproces op basis van feedback, evaluatie en reflectie.

Te denken valt aan:

- een numeriek model aanpassen op basis van verificatie en validatie;
- feedback op een onderzoeksopzet verwerken.

Eindterm 35

De leerling ontwerpt numerieke modellen bij natuurkundige inhouden uit meerdere subdomeinen in het domein Concepten. (B)

Te denken valt aan:

- een numeriek model voor de lancering van een raket ontwerpen;
- een numeriek model voor de hoeveelheden van de verschillende isotopen in een vervalreeks als functie van de tijd ontwerpen.

Eindterm 36

De leerling doet ervaring op met differentiaalvergelijkingen bij natuurkundige inhouden uit het domein Concepten. (E)

Het gaat hierbij om:

- lineaire differentiaalvergelijkingen met constante coëfficiënten van de eerste en tweede orde;
- controleren van oplossingen.

Te denken valt aan:

- een uitdrukking voor de trillingstijd van een harmonische trilling afleiden door een probeerfunctie in te vullen in de bijbehorende differentiaalvergelijking;
- harmonische trilling met lineaire wrijving interpreteren als een tweede-ordedifferentiaalvergelijking en deze onderzoeken door probeeroplossingen in te vullen;
- aantonen dat een exponentiële daling als functie van de tijd een oplossing is van de differentiaalvergelijking voor het aantal kernen bij radioactief verval.

Subdomein E2 Werkwijzen 2

Eindterm 37

De leerling gebruikt natuurwetenschappelijke modellen en past ze aan. (B)

Het gaat hierbij om:

- modellen die natuurkundige verschijnselen beschrijven, verklaren en voorspellen;
- beredeneren wat de grenzen van een model zijn;
- verklaren van de grenzen van een model vanuit het doel van het model;
- gebruiken van black box-modellen;
- aanpassen van kwalitatieve en algebraïsche modellen.

Te denken valt aan:

- een applet valideren door controleberekeningen en invoer van extreme waarden;
- een magnetisch veld zichtbaar maken met een reeks kompasnaaldjes;
- de toepasbaarheid van het deeltje-in-een-does-model bespreken.

Eindterm 38

De leerling stelt een plan van aanpak op. (B)

Het gaat hierbij om:

- onderbouwen welke digitale en analoge instrumenten, gereedschappen, stoffen en materialen moeten worden ingezet;
- onderbouwen welke stappen moeten worden uitgevoerd bij het meten en bouwen;
- beschrijven wat moet worden gedaan om veilig en duurzaam te werken;
- onderbouwen van een voorspelling over de uitkomst.

Te denken valt aan:

- uitleggen waarom gebruik van een veiligheidsbril en werkhandschoenen bij een bepaald practicum noodzakelijk is;
- de te meten grootheden identificeren bij een bepaling;

- bij een gegeven onderzoeksvraag een meetopstelling en -protocol bedenken;
- een hypothese opstellen voor het snelheidsverloop bij een karretje dat op een helling wordt losgelaten.

Eindterm 39

De leerling verwerkt data. (B)

Het gaat hierbij om:

- analoog en digitaal verwerken in diagrammen en tabellen;
- beoordelen van de uitvoering en uitkomsten van metingen met gebruik van de begrippen betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en aannemelijkheid;
- kiezen van een weergave waarin patronen en verdelingskenmerken in de data zichtbaar kunnen worden gemaakt;
- interpreteren van statistische gegevens met betrekking tot verdeling en samenhang;
- aflezen van waardes uit diagrammen en tabellen.

Te denken valt aan:

- een responskarakteristiek maken van een zelfgemaakte sensor;
- een gemiddelde berekenen van drie metingen van de spanning om een betrouwbaarder resultaat te hebben;
- gebruik van coördinaattransformaties om te lineariseren;
- een onderzoeksresultaat vergelijken met literatuurwaarden;
- beredeneren of achter afwijkende gegevens een systematische of een toevallige fout ligt.

Eindterm 40

De leerling toont inzicht in verbanden tussen natuurwetenschappelijke grootheden. (B)

Het gaat hierbij om:

- weergeven van waardes van grootheden in decimale en wetenschappelijke notatie, in bijpassende eenheden en passend afgerond;
- weergeven van verbanden tussen grootheden in formules, tabellen en diagrammen;
- interpreteren van formules, tabellen en diagrammen die verbanden tussen grootheden weergeven;

- uitvoeren van een eenhedenanalyse in een verband tussen grootheden;
- redeneren over natuurkundige grootheden en hun verbanden met behulp van de eigenschappen van wiskundige standaardfuncties.

Te denken valt aan:

- een frequentie die is bepaald uit een (u,t) -diagram weergeven met een nauwkeurigheid die past bij het afgelezen aantal trillingen;
- het oppervlakte onder een grafiek bepalen en koppelen aan de juiste natuurkundige grootheid;
- een eenparig vertraagde beweging weergeven in een (v,t) -diagram op basis van berekeningen van punten;
- de SI-eenheid van de veerconstante afleiden uit de wet van Hooke;
- kennis over de eigenschappen van goniometrische functies gebruiken om trillingen te analyseren.

Eindterm 41

De leerling past wiskunde toe. (B)

Het gaat hierbij om:

- toepassen van rekenvaardigheden: verhoudingen, percentages en logaritmen;
- toepassen van meetkunde: omtrek, oppervlakte, volume, driehoeksmetkunde en vectoren grafisch en rekenkundig samenstellen en ontbinden;
- toepassen van algebra bij formules: invullen, omschrijven en substitueren;
- toepassen van differentiëren en integreren.

Te denken valt aan:

- $R=U/I$ en $P=UI$ samen nemen tot $P=U^2/R$ en daarmee het vermogen van een lamp berekenen;
- een formule voor de plaats als functie van de startplaats, startsnellheid en versnelling afleiden voor een eenparig versnelde beweging;
- vectoren voor de spankracht en zwaartekracht in een zweefmolen grafisch samenstellen;
- veranderingen in een waarde combineren met percentuele toenames en afnames;
- een onderwijsleergesprek voeren over de wiskundige relatie tussen kracht en energie.

Eindterm 42**De leerling redeneert over natuurwetenschappelijke verklaringen en technische oplossingen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- redeneren met natuurwetenschappelijke modellen en theorieën, wetenschappelijke resultaten en resultaten uit eigen onderzoek;
- formuleren van mogelijke oorzaken, verbanden en mechanismen die onderzoeksresultaten verklaren;
- formuleren van passende conclusies en technische oplossingen.

Te denken valt aan:

- valideren van uitkomsten met natuurkundige modellen en literatuur;
- een onderbouwde conclusie schrijven bij een onderzoeksverslag;
- reflecteren op een ontworpen prototype ten opzichte van de ontwerpeisen;
- in gesprek gaan met klasgenoten over de vraag in hoeverre een gegeven uitspraak de onderzoeksvraag beantwoordt.

Domein F Zelfontwikkeling

Eindterm 43**De leerling legt verbanden tussen ervaringen, persoonlijke interesses en kwaliteiten, vervolgoopleidingen en toekomst. (E)**

Het gaat hierbij om:

- verkennen van de plaats en functie van natuurkunde in de samenleving;
- oriënteren op sectoren, beroepen en vervolgoopleidingen waarin de concepten, vraagstukken, denk- en werkwijzen van natuurkunde relevant zijn;
- deelnemen aan activiteiten gerelateerd aan natuurkunde;
- verwoorden van de eigen kwaliteiten en interesses die passen bij natuurkunde;
- reflecteren op opgedane ervaringen in het kader van oriëntatie op studie en beroep.

Te denken valt aan:

- gebruikmaken van een scholierenlab van een universiteit;
- meedoen aan een talentenwedstrijd;
- bezoeken van een wetenschapsmuseum;
- na een practicum verwoorden waar de leerling goed in was en of deze het leuk vond.

Eindterm 44

De leerling reguleert het eigen leerproces. (E)

Het gaat hierbij om:

- opstellen van leerdoelen;
- werken aan zelf opgestelde leerdoelen;
- ervaringen opdoen met verschillende leerstrategieën;
- reflecteren op het leerproces.

Te denken valt aan:

- bekijken wat de leerdoelen van een hoofdstuk zijn en bedenken welk leerdoel het uitdagendst is;
- een keuze maken tussen een documentaire kijken of een artikel lezen bij het oriënteren op een casus over zonnepanelen;
- na afloop van een eigen onderzoek benoemen op welke inbreng de leerling trots was en wat deze een volgende keer anders zou aanpakken.

Eindterm 45

De leerling doet ervaring op met samenwerken om een groepsresultaat te bereiken. (E)

Het gaat hierbij om:

- communiceren over taken;
- zorg dragen voor het afronden van de eigen deeltaak;
- zorg dragen voor zichzelf en anderen bij het uitvoeren van een taak;
- verwoorden van feedback op het eigen handelen en dat van groepsgenoten;
- afwegen van ontvangen feedback.

Te denken valt aan:

- een experiment in tweetallen uitvoeren en elkaar ondersteunen bij een lastige taak;
- een taakverdeling maken en daarbij rekening houden met elkaars interesses en kwaliteiten;
- na afloop van een groepsopdracht ieder groepslid een tip en een top geven.

Bijlage – Begrippenlijst natuurkunde

Hieronder lees je de vakspecifieke begrippen en hun omschrijving.

Begrip	Omschrijving
Automatisch systeem	Een elektrische schakeling waarmee een activiteit zonder tussenkomst van een menselijke handeling kan worden uitgevoerd.
Betrouwbaarheid (van metingen)	De mate waarin een meting bij herhaling hetzelfde resultaat oplevert. Betrouwbaarheid komt ook in andere combinaties voor; daar heeft het geen speciale betekenis.
Communicatievorm	Verbale, non-verbale, schriftelijke of visuele communicatie.
Concept	Begrip, idee of theorie om verschijnselen en systemen te begrijpen en te verklaren.
Context	Levenschte situatie waarin leerinhoud een rol speelt en betekenis krijgt voor een leerling. Biologie gebruikt een iets andere definitie.
Data	Gegevens. Resultaat van waarnemingen.
Denkwijze	Een manier van denken die wetenschappers en technologen in de natuurwetenschappen gebruiken om de wereld om ons heen te begrijpen en verklaren, of om producten te ontwikkelen. Denkwijze is de Nederlandse term voor <i>crosscutting concepts</i> uit de <i>Next Generation Science Standards</i> .
Diagram	Grafische weergave van numerieke informatie, bijvoorbeeld een grafiek of histogram.
Instrument: analoog en digitaal	Analoge meetinstrumenten zijn uitgerust met een wijzer of een afleesschaal. De grootte is direct af te lezen met behulp van de wijzer of schaal. Digitale meetinstrumenten geven de grootte weer in cijfers. Het glaswerk rekenen we tot analoge meetinstrumenten.

Iteratief	Hier gebruikt in de context van een iteratief onderzoeksproces of ontwerpproces. Het gaat om een proces waarbij de onderzoeks- en ontwerpstappen herhaaldelijk worden toegepast binnen één onderzoek of ontwerp. Deze stappen hoeven niet cyclisch te worden gevolgd.
Meetsysteem	Een automatisch systeem dat een meting kan verrichten.
Model: algemeen	Een beschrijving van een situatie uit de werkelijkheid die dient om een probleem of vraag in die situatie op te lossen. Deze beschrijving is niet volledig, maar bevat alleen die onderdelen of aspecten die relevant zijn voor het probleem of de vraag.
Model: algebraïsch	Een wiskundig model waarin enkel gebruik wordt gemaakt van algebraïsche vergelijkingen. Er wordt dus geen gebruik gemaakt van differentiaalvergelijkingen, grafen et cetera.
Model: black box	Een wiskundig model waarin de wiskunde voor een gebruiker niet zichtbaar is. Vaak gaat het om een digitale implementatie zoals een applet of een spreadsheet waarin de wiskunde in de code is verwerkt.
Model: kwalitatief	Een model waarin voor de beschrijving geen wiskunde wordt gebruikt. Veelgebruikte kwalitatieve modellen zijn analogieën en weergaves op schaal. Kwalitatieve modellen kunnen worden gebruikt om berekeningen aan verschijnselen te doen.
Model: numeriek	Een wiskundig model waarin gebruik wordt gemaakt van differentiaalvergelijkingen waarvan de oplossing in discrete stappen wordt benaderd.
Model: wiskundig	Een model waarin voor de beschrijving wiskunde wordt gebruikt. Zo'n model maakt vaak gebruik, al dan niet zichtbaar, van formules die verbanden tussen grootheden weergeven.
Patroon	Een regelmaat in een aantal waarnemingen.
Plan van aanpak	Plan voor het uitvoeren van een onderzoek of ontwerp.
Praktische activiteit	Een ontwerp, onderzoek of een deelactiviteit van één van die twee.

Proces	De manier waarop iets verloopt. Dit kan door mensen bedacht en/of beïnvloed zijn, of natuurlijk zijn.
Product	Door mensen ontworpen materiële zaken. Bij het ontwerpen van immateriële zaken wordt gesproken over processen.
Regelsysteem	Een stuursysteem waarbij de uitgevoerde actie effect heeft op de gemeten grootte.
Samenhang (tussen variabelen)	Samenhang tussen variabelen treedt op wanneer verschillende waarnemingen eenzelfde object betreffen en kan al dan niet op een causaal verband berusten. Hiermee kun je bijvoorbeeld het effect van de ene variabele op een andere variabele of verschillen tussen groepen vaststellen.
Sleutlexperiment	Een experiment dat een belangrijke rol heeft gespeeld in de geschiedenis van een discipline.
Stuursysteem	Een meetsysteem dat afhankelijk van de meting een actie kan uitvoeren.
Systeem	Het geheel van delen die met elkaar interacteren en een geheel vormen met specifieke emergente eigenschappen door de interacties tussen de delen, en dat een grens kent: er kan iets in- en/of uitgaan. Het systeem kan feedbackloops en een hiërarchische structuur bevatten, en is dynamisch van karakter.
Technologie	Het geheel van door de mens bedachte en nog te bedenken oplossingen voor problemen en behoeftes.
Verdeling (van data)	Het aantal waarnemingen per waargenomen waarde of per klasse van waargenomen waarden in een gegevensset. Hieruit kunnen verdelingskenmerken worden gehaald die helpen bij het beantwoorden van vragen.
Verdelingskenmerk	Kenmerk van de verdeling van data, zoals modus, mediaan, gemiddelde, spreidingsbreedte en standaardafwijking.
Vraagstuk	Groter, overkoepelend cluster van vragen waarvoor natuurwetenschappelijke en technologische kennis nodig is voor de beantwoording.

Werkwijze	Een systematisch en methodisch werkproces dat wetenschappers en technologen gebruiken om de wereld om hen heen te begrijpen en verklaren, of om producten te ontwikkelen. Werkwijze is de Nederlandse term voor <i>practices</i> uit de <i>Next Generation Science Standards</i> .
------------------	--



Als landelijk expertisecentrum richt SLO zich op de ontwikkeling van het curriculum in het primair, speciaal en voortgezet onderwijs in Nederland. We werken met het onderwijsveld aan de doelen, kaders en instrumenten waarmee scholen hun opdracht vanuit een eigen visie kunnen vervullen.

We brengen praktijk, beleid, maatschappelijke ontwikkelingen en onderzoek samen en stellen onze expertise beschikbaar aan onderwijs en overheid, bijvoorbeeld in de vorm van leerplannen, tools, voorbeeldlesmaterialen, conferenties en rapporten.



Bezoekadres
Stationsplein 1
3818 LE Amersfoort

Postadres
Postbus 502
3800 AM Amersfoort

T +31 (0)33 484 08 40
E info@slo.nl
W www.slo.nl

 [company/slo](https://www.linkedin.com/company/slo)
 [SLO_nl](https://twitter.com/SLO_nl)