



**Conceptexamenprogramma
wiskunde natuur
N&G - havo**



Conceptexamen- programma

Wiskunde natuur – N&G

Havo

September 2024

slo



een doordacht curriculum
dat doen we *samen*

Verantwoording



2024 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 9.8055.003

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
Leeswijzer	4
Meer informatie	4
2. Karakteristiek wiskunde natuur	5
Kenmerken van het vak wiskunde	5
Wiskunde natuur als schoolvak	5
Wiskunde natuur in de schoolsoorten	7
Havo	7
Vwo	7
3. Raamwerk met domeinen en subdomeinen	8
4. Eindtermen	9
Domein A Wiskundige concepten	9
Subdomein A1 Concepten bij activiteiten	9
Subdomein A2 Getallen en variabelen	9
Subdomein A3 Data en kans	11
Subdomein A4 Verbanden	15
Subdomein A5 Veranderingen	17
Subdomein A6 Keuzeonderwerp	18
Domein B Wiskundige activiteiten	19
Subdomein B1 Activiteiten met concepten	19
Subdomein B2 Wiskundig probleemaanpakken	19
Subdomein B3 Onderzoeken met modellen	21
Subdomein B4 Redeneren en bewijzen	23
Subdomein B5 Digitaal wiskundig gereedschap	25
Domein C Wiskundige oriëntatie	26
Subdomein C1 Formuleren en communiceren	26
Subdomein C2 Wiskundige houding	27
Bijlage – Begrippenlijst wiskunde	30

1. Inleiding

Voor je ligt het conceptexamenprogramma wiskunde natuur - N&G voor het havo. De afgelopen twee jaar heeft de vakvernieuwingscommissie wiskunde dit conceptexamenprogramma ontwikkeld – tegelijkertijd en in samenhang met zeven andere conceptexamenprogramma's wiskunde maatschappij voor C&M en E&M en wiskunde natuur voor N&G en N&T voor havo en vwo. 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 inhoud 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 wiskunde natuur en de positie van het vak in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs staat beschreven. Daarna volgt het raamwerk: een schematische weergave van de inhoud per domein of subdomein en een verdeling van inhoud over school- en centraal examen. Daarna 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 wiskunde voor havo en vwo (Brons & Tolboom, 2024).

Alle informatie over de totstandkoming, de opzet, werkwijze en inhoud van de conceptexamenprogramma's is te vinden op:

<https://www.actualisatie-examenprogrammas.nl/wiskunde>

2. Karakteristiek wiskunde natuur¹

Kenmerken van het vak wiskunde

Wiskunde wordt gebruikt om de wereld te beschrijven, te structureren, te organiseren en te begrijpen. Maatschappelijke en wetenschappelijke vraagstukken geven aanleiding tot wiskundige activiteiten. Denk aan werken met wiskundige modellen, probleemaanpakken en nauwkeurig redeneren. Bij deze activiteiten worden wiskundige concepten gebruikt, aangescherpt en ontwikkeld. Wiskundige denkwijzen, zoals abstraheren, classificeren, formaliseren en generaliseren, karakteriseren de wiskunde en dragen bij aan het analytisch vermogen.

Wiskundige kennis staat aan de basis van natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen en is daarmee onderdeel van cultuur en samenleving. Zo was de ontwikkeling van de kwantummechanica onmogelijk zonder differentiaalvergelijkingen en kansrekening. Mede daarom maken veel disciplines gebruik van wiskunde. Denk aan economische, demografische en natuurwetenschappelijke modellen.

Wiskunde heeft een kenmerkende methodiek en vaktaal. Je ontwikkelt wiskunde in relatie tot de werkelijkheid en aan de hand van zuiver wiskundige vraagstukken. Bij het aanpakken van vraagstukken word je geleid door een wiskundig oriëntatie, een nieuwsgierige houding, een zekere speelsheid en gevoel voor de schoonheid van de wiskunde. Wiskunde ondersteunt het praktische functioneren in onderwijs, beroepsbeoefening en in de samenleving.

Wiskunde natuur als schoolvak

Het schoolvak wiskunde natuur laat leerlingen kennismaken met wiskundige concepten en denk- en werkwijzen. Een belangrijk onderdeel is het functioneel gebruik bij probleemsituaties die abstract wiskundig en in context aangeboden worden. Ter ondersteuning hiervan is er voldoende aandacht voor basisvaardigheden, procedures die vlot en routinematig uitgevoerd worden en waarop voortgebouwd wordt. Denk aan het algebraïsch herleiden, meetkundig rekenen, en statistische representaties maken, eventueel met gebruik van technologie.

¹ In de tekst gebruiken we 'wiskunde' voor wiskunde maatschappij en natuur en 'wiskunde natuur' voor de programma's voor N&G en N&T.

Wiskunde in de bovenbouw bouwt voort op de onderbouw. Analyses worden complexer, met een verdieping van wiskundige concepten en verbreding naar andere onderwerpen. Wiskundig denken en werken vraagt in de bovenbouw meer zelfstandigheid, inventiviteit, initiatief en reflectie van leerlingen.

Wiskunde natuur bestudeert probleemsituaties en modellen uit de natuur, techniek en gezondheid. Leerlingen krijgen te maken met complexe, samenhangende stapelingen van wiskundige concepten en procedures en het formaliseren hiervan. Ze ontwikkelen een actieve beheersing van de wiskundige vaktaal. Ook leren ze wiskundige concepten en denk- en werkwijzen te gebruiken om in andere disciplines en aan maatschappelijke thema's en kwesties te werken.

Leerlingen leren vragen te stellen, beweringen te onderbouwen met argumenten en wiskundige uitwerkingen kritisch te analyseren. Ze leren wiskundige vaktaal te gebruiken, zichzelf te vertrouwen in het oplossen van problemen met gebruik van wiskunde, hun aanpak te formuleren in alledaagse taal, te werken met modellen en te redeneren met formules.

Wiskunde natuur voor leerlingen met het profiel N&G heeft een groot gemeenschappelijk deel met wiskunde natuur voor leerlingen met het profiel N&T. Het is een basis voor vervolgoopleidingen waarin wiskunde een belangrijke plaats heeft, zoals medische en gezondheidsstudies. Het biedt een basis in kansrekening en statistiek, en een verdieping in differentiaal- en integraalrekening. Via differentiaalvergelijkingen kan een brug worden geslagen naar het vak natuurkunde.

Wiskunde natuur voor leerlingen met het profiel N&T besteedt een extra deel aan analytische meetkunde met daarin extra wiskunde die nodig is voor natuurwetenschappelijke en technische vervolgoopleidingen.

Wiskunde natuur legt verbindingen met andere schoolvakken, zoals natuurkunde, scheikunde en biologie. Zo draagt wiskunde bij aan verdieping en verbreding van inzichten. Leerlingen gebruiken wiskunde bij ontwerpen, onderzoeken en informatieverwerking. Leerlingen ontwikkelen een actieve beheersing van een breed repertoire van wiskundige technieken, met en zonder gebruik van ICT. Ze kunnen wiskunde inzetten bij vakoverstijgende opdrachten, projecten en profielwerkstukken.

Wiskunde natuur in de schoolsoorten

Havo

Omdat het havo voorbereidt op het hbo is er nadrukkelijk aandacht voor beroepsgerichte contexten en het oplossen van praktische problemen. Het functioneel gebruik van wiskunde staat centraal, met inzicht in wiskundige concepten, activiteiten en denkwijzen, en de samenhang daartussen. Leerlingen leren onderzoek uit te voeren in praktische, complexe probleemsituaties. Ze gebruiken wiskundige redeneringen met helder geformuleerde aannames en beperkingen, en rapporteren mondeling en schriftelijk over hun aanpak en bevindingen.

Vwo

Het vwo bereidt voor op wetenschappelijke opleidingen en is daarom gericht op wetenschappelijke contexten. Leerlingen krijgen meer concepten dan op de havo die ze breder en dieper leren. Voor aansluiting met het vervolgonderwijs is de onderbouwing van die concepten formeler en abstracter. Inzicht in de achtergrond en de samenhang van wiskundige onderwerpen is belangrijk. Leerlingen leren onderzoek doen, een probleemaanpak formuleren en een probleem oplossen in complexe, omvangrijke en minder afgebakende probleemsituaties.

3. Raamwerk met domeinen en subdomeinen

Hieronder vind je het raamwerk van wiskunde natuur – N&T geordend naar domeinen en subdomeinen. Daarbij is een verdeling gemaakt van inhouden over het schoolexamen (SE) en centraal examen (CE).

Onderstaande SE-CE-verdeling is de basis voor het ontwikkelen van de conceptsyllabus en gericht op invoering van het examenprogramma op korte termijn (2-5 jaar).

Domeinindeling	Titel (sub)domein	Toewijzing CE-SE	
		SE	CE
Domein A	Wiskundige concepten		
Subdomein A1	Concepten bij activiteiten	X	
Subdomein A2	Getallen en variabelen		X
Subdomein A3	Data en kans	X	X
Subdomein A4	Verbanden		X
Subdomein A5	Veranderingen		X
Subdomein A6	Keuzeruimte	X	
Domein B	Wiskundige activiteiten		
Subdomein B1	Activiteiten met concepten		X
Subdomein B2	Wiskundig probleemaanpakken	X	
Subdomein B3	Onderzoeken met modellen	X	
Subdomein B4	Redeneren en bewijzen	X	
Subdomein B5	Digitaal wiskundig gereedschap	X	
Domein C	Wiskundige oriëntatie		
Subdomein C1	Formuleren en communiceren	X	X
Subdomein C2	Wiskundige houding	X	

4. Eindtermen

Domein A Wiskundige concepten

Subdomein A1 Concepten bij activiteiten

Eindterm 1

De leerling gebruikt wiskundige concepten en procedures bij wiskundige activiteiten. (B)

Het gaat hierbij om:

- probleemaanpakken met wiskundige concepten;
- onderzoeken van wiskundige concepten met behulp van modellen;
- redeneren met wiskundige concepten.

Subdomein A2 Getallen en variabelen

Eindterm 2

De leerling werkt met getallen en variabelen. (B)

Het gaat hierbij om:

- verbanden leggen tussen verschillende notaties voor getallen;
- introduceren van een variabele in een probleemsituatie;
- onderscheiden van meetniveaus van discrete en continue statistische variabelen;
- onderscheiden van exacte waarden en benaderingen.

Te denken valt aan:

- informatie over meningen, gevoel, of ervaring vergelijkbaar maken met kwantitatieve variabelen, bijvoorbeeld bij maatschappijleer en biologie;
- inzicht tonen in de irrationaliteit van π , e , $\sqrt{2}$ en $\log(2)$ en in oneindigheid;
- onderscheiden van de meetniveaus nominaal, ordinaal, interval en ratio;
- gebruiken van wetenschappelijke notatie.

Eindterm 3

De leerling is rekenvaardig. (B)

Het gaat hierbij om:

- benoemen en toepassen van rekenregels;
- werken met percentages, verhoudingen en breuken, en reële getallen;
- efficiënt gebruiken van rekenhulpmiddelen;
- schattend rekenen.

Te denken valt aan:

- strategisch rekenen in probleemsituaties met schattingen van orde van grootte, onder andere bij Fermi-problemen;
- gebruiken van absolute en relatieve verandering en verandering in procentpunten;
- eenvoudige berekeningen die passen bij het profiel uit het hoofd doen;
- complexe berekeningen vereenvoudigen, met en zonder context.

Eindterm 4

De leerling is algebraïsch vaardig. (B)

Het gaat hierbij om:

- inzicht tonen in de structuur van algebraïsche uitdrukkingen;
- herleiden van algebraïsche uitdrukkingen;
- opstellen van de inverse functie;
- algebraïsch oplossen van lineaire, kwadratische, gebroken, exponentiële, logaritmische, machtsvergelijkingen en goniometrische vergelijkingen, ook in samengestelde vorm;
- algebraïsch oplossen van stelsels van vergelijkingen, ook in samengestelde vorm.

Te denken valt aan:

- oplossen van een stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden, zoals $a \cdot 3^b = 18$ en $a \cdot 6^b = 144$;
- ongelijkheden relateren aan grafieken van functies;
- oplossen van vergelijkingen relateren aan inverse functies;
- vinden van alle oplossingen in een gegeven interval van een periodieke functie;
- oplossen van vergelijkingen met behulp van substitutie.

Eindterm 5

De leerling werkt met grootheden en eenheden. (B)

Het gaat hierbij om:

- analyseren van eenheden;
- analyseren van effect van meetonnauwkeurigheden en afrondingen bij tussenresultaten op eindresultaten;
- getallen afronden passend bij de context;
- uitvoeren van eenhedenanalyse in een verband tussen grootheden.

Te denken valt aan:

- omrekenen van radialen en graden;
- gebruiken van eenheden bij differentiëren;
- onnauwkeurigheden bepalen bij gegeven grootheden en bij formules zoals $b = a \cdot g^t$: effect onnauwkeurigheid bij g belangrijker dan bij a ;
- koppeling maken met andere vakken aan de hand van voorbeelden, zoals het rekenen met terawatt, joule, kcal, ms^{-1} , en m/s bij de vakken natuurkunde en biologie;
- bepalen van eenheid van constante, bijvoorbeeld E in de formule $u = \frac{1}{E \cdot b} \cdot \frac{1^{3 \cdot F}}{a}$, waarbij de andere variabelen een gegeven eenheid hebben.

Subdomein A3 Data en kans

Eindterm 6

De leerling exploreert profielgerelateerde data met digitaal wiskundig gereedschap. (B)

Het gaat hierbij om:

- data verwerken in tabellen, grafieken en diagrammen;
- data samenvatten met centrum- en spreidingsmaten;
- data vergelijken op basis van frequentieverdelingen en andere visualisaties;
- beargumenteren welke verwerking en karakterisering van data geschikt is.

Te denken valt aan:

- werken vanuit richtvragen met secundaire datasets, bijvoorbeeld de gezondheidsmonitor of de klimaatmonitor, of datasets vanuit andere profiel(keuze)vakken, zoals biologie of natuurkunde;
- weergeven van de resultaten van een hartslagmeting bij meerdere groepen: zowel als gemiddelden met standaardafwijking, als grafisch in de vorm van een boxplot en puntenwolk;
- vergelijken van groepen, bijvoorbeeld aan de hand van een frequentieverdeling van rookgedrag en inkomens- of leeftijdsklassen als onderliggende variabele;
- redeneren met statistische representaties over verschillen, bijvoorbeeld over gezondheid van rokers en niet-rokers;
- redeneren over samenhang tussen variabelen op basis van spreidingsdiagrammen, bijvoorbeeld met een spreidingsdiagram onderzoeken of er samenhang is tussen inname cafeïnehoudende drankjes en hartslag.

Eindterm 7

De leerling beoordeelt berichtgeving in media en onderzoek waarbij statistiek gebruikt wordt. (B)

Het gaat hierbij om:

- kritische vragen stellen over de kwaliteit van statistisch onderzoek;
- herkennen en weerleggen van misleidende statistische informatie;
- onderscheiden van correlatie en causaliteit;
- beoordelen van representativiteit, validiteit en betrouwbaarheid.

Te denken valt aan:

- bespreken van belangrijke infographics en bijbehorende kernboodschappen in boeken, waaronder schoolboeken en atlanten;
- bespreken van statistieken bij actuele onderwerpen: hoe zijn data verzameld en waarnemingen meetbaar gemaakt;
- onderzoeksrapporten beoordelen op de waarde van kwantitatieve informatie: juistheid van data en gegevens, en juist gebruik hiervan in conclusie, samenvatting en berichtgeving;
- bij opdrachten en werkstukken gebruikmaken van statistische informatie uit rapporten over onderzoek en beleid, bijvoorbeeld de rapporten van het Planbureau voor de Leefomgeving over de kwaliteit van de leefomgeving;
- een poster maken over het gebruik van statistische informatie vanuit het perspectief van het onderliggende wiskundige model.

Eindterm 8**De leerling formuleert conclusies over een populatie op basis van steekproeven. (B)**

Het gaat hierbij om:

- evalueren van de invloed van de steekproefomvang en verdeling op statistische conclusies;
- bepalen van de populatieproportie en het populatiegemiddelde in de vorm van een betrouwbaarheidsinterval;
- bepalen van de populatieverdeling aan de hand van grafische representaties;
- gebruiken van simulaties van steekproeftrekkingen uit een populatie om op basis van steekproevenverdeling zicht te krijgen op toevalsvariatie;
- interpreteren van resultaten in context.

Te denken valt aan:

- effecten nagaan van steekproefomvang en standaardafwijking op vorm en spreiding van steekproevenverdeling met statistische software of via demonstratie;
- betrouwbaarheidsintervallen opstellen op basis van simulatie en formules, en deze interpreteren in context;
- benoemen van de wortel-n-wet en de centrale limietstelling om te laten zien dat bij een groot aantal trekkingen de gemiddelden een normale verdeling laten zien;
- een presentatie geven over hoe de begrippen 'statistisch significante verschillen' en 'substantiële verschillen' worden gebruikt in onderzoekverslagen en gesprekken.

Eindterm 9**De leerling onderzoekt de statistische samenhang tussen twee variabelen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- onderzoeken of een verschil tussen twee groepen met betrekking tot populatiegemiddelden en populatieproporties significant is;
- bepalen van de relevantie van het verschil tussen twee groepen aan de hand van de effectgrootte;
- bepalen van de correlatiecoëfficiënt en de regressielijn met digitaal wiskundig gereedschap;
- interpreteren van resultaten in context.

Te denken valt aan:

- aan de hand van simulaties bespreken van verschillen tussen groepen, bijvoorbeeld bij placebo-onderzoek;
- met de hand en met digitaal wiskundig gereedschap schetsen van trendlijnen in een puntenwolk;
- verschil toelichten tussen statistische significantie en praktische relevantie wanneer deze begrippen in een verslag of betoog gebruikt worden;
- kritisch kijken naar oorzaak-gevolgrelaties en daarbij omdraaien van oorzaak-gevolgrelaties vermijden, bijvoorbeeld over een loon-prijsspiraal en over het effect van prijsbeleid bij marktfalen;
- bespreken van samenhang tussen variabelen op basis van correlatiecoëfficiënt en regressielijn.

Eindterm 10

10. De leerling berekent kansen, verwachtingswaarden en standaardafwijkingen, met en zonder digitaal wiskundig gereedschap. (B)

Het gaat hierbij om:

- werken met stochasten;
- kansen bepalen met de normale verdeling;
- werken met voorwaardelijke kansen;
- werken met verwachtingswaarden en standaardafwijkingen van stochasten.

Te denken valt aan:

- verwachtingswaarden bij erfelijkheidsleer;
- berekenen van kansen met behulp van vaasmodel en kansboom;
- duiden van verschil tussen de voorwaardelijke kansen, bijvoorbeeld de kans op positieve test gegeven ziekte versus de kans op ziekte gegeven positieve test.

Subdomein A4 Verbanden

Eindterm 11

De leerling redeneert met verbanden tussen variabelen. (B)

Het gaat hierbij om:

- redeneren met verbanden met meerdere variabelen;
- onderscheiden van een expliciet en impliciet functioneel verband en een niet-functioneel verband;
- bepalen van mogelijke waarden van variabelen bij een gegeven verband;
- vertalen van en naar representaties van functies: beschrijving, tabel, grafiek en formule.

Te denken valt aan:

- in alledaagse contexten exponentiële en lineaire verbanden herkennen;
- opstellen van formules van een standaardfunctie bij gegeven informatie;
- benaderen van een discrete probleemsituatie met een continue functie;
- onderscheid maken tussen $I(R) = \frac{U}{R}$ en $I(U) = \frac{U}{R}$; het benoemen van evenredigheid en bepalen van de evenredigheidsconstante;
- bespreken of een verband met meerdere variabelen op te vatten is als een functie door een afhankelijke en onafhankelijke variabele te kiezen, bijvoorbeeld kan $P \cdot D^3 = Q$ herleid worden met P als functie van D en onderzoek doen met behulp van de afgeleide.

Eindterm 12

De leerling redeneert met standaardfuncties. (B)

Het gaat hierbij om:

- herkennen en gebruiken van standaardfuncties: lineair, evenredig, omgekeerd evenredig, kwadratisch, veelterm, wortel, macht, exponentieel, logaritmisch, goniometrisch, gebroken;
- benoemen van karakteristieke eigenschappen van standaardfuncties ten aanzien van domein, bereik, snijpunten met coördinaatassen, groei gedrag, randpunt, asymptoten, symmetrieas, periodiciteit, extrema en de globale vorm van de grafiek;

- het functievoorschrift van een sinusoïde relateren aan periode, frequentie, amplitude, evenwichtsstand en extrema;
- rekenen met groeipercentages, verdubbelingstijd en halveringstijd bij modellen van exponentiële groei.

Te denken valt aan:

- opstellen van sinus-model op basis van een grafiek of op basis van context over periodieke functies met gegeven periode en max- en minwaarde;
- gebruiken van machtsfuncties x^p , met p als rationaal getal;
- herkennen en gebruiken van standaardfuncties, zoals evenredigheidsverbanden bij contexten in andere vakken;
- de sinus- en cosinusfuncties als coördinaten van een punt bewegend over de eenheidscirkel.

Eindterm 13

De leerling werkt en redeneert met functies. (B)

Het gaat hierbij om:

- herkennen en uitleggen hoe een functie opgebouwd is uit standaardfuncties via samenstelling en rekenoperaties;
- berekenen van snijpunten met andere functies en assen, groeigedrag, randpunten, horizontale en verticale asymptoten en limieten;
- redeneren over globaal gedrag, onderlinge ligging en symmetrie;
- vertalen van lijnvermenigvuldigingen ten opzichte van de assen en translaties van grafieken naar een aanpassing van het functievoorschrift.

Te denken valt aan:

- redeneren over maxwaarde, bijvoorbeeld bij $y = -2(x + 4)^8 + 15$;
- beredeneren dat $y = -2(x + 4)^8 + 15$ altijd kleiner dan 16 is;
- bij een functie-familie bepalen bij welke waarden van de parameters de grafiek bepaalde eigenschappen heeft, met als specifiek voorbeeld functies van de vorm $f(x) = d + a \sin(b(x-c))$ en $g(x) = d + a \cos(b(x-c))$;

- uitleggen hoe een ketting-, som-, verschil-, product-, of quotiëntfunctie bestaat uit deelfuncties en daarmee redeneren over deze functie;
- gebruik van coördinaattransformaties om te lineariseren, zoals bij $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{G}}$: T uitzetten tegen \sqrt{L} en vanuit helling G bepalen en bij $\log(y) = ax + b$, waarmee een exponentiële verband lineair wordt weergegeven op een logaritmische schaal.

Subdomein A5 Veranderingen

Eindterm 14

De leerling analyseert discrete en gemiddelde veranderingen. (B)

Het gaat hierbij om:

- berekenen van het differentiequotient van een functie;
- bepalen van het veranderingsgedrag van een functie.

Te denken valt aan:

- bepalen van de gemiddelde helling op een interval en dit koppelen aan de helling in een punt;
- bij een gegeven grafiek bepalen op welke intervallen de groeisnelheid gelijk is en dit koppelen aan de richtingscoëfficiënt van een lijn;
- herkennen van buigpunten en verschillende soorten stijgen en dalen bij grafieken van functies.

Eindterm 15

De leerling gebruikt de eerste afgeleide in probleemsituaties. (B)

Het gaat hierbij om:

- interpreteren van de afgeleide als een functie die verandering beschrijft en van de eerste afgeleide als een hellingsfunctie;
- gebruiken van de afgeleide bij het opstellen van de vergelijking van een raaklijn aan de grafiek van een functie;
- berekenen van extremen van een functie met behulp van de eerste afgeleide;
- redeneren over veranderingsgedrag van functies met behulp van de eerste afgeleide.

Te denken valt aan:

- modelleren van een optimaliseringsprobleem aan de hand van een functie en oplossen van dit probleem met behulp van de afgeleide met algebraïsche en numeriek-grafische methoden;
- interpreteren van het differentiaalquotient bij functies: lokale verandering, helling van grafiek, en helling van raaklijn in een punt en de ogenblikkelijke snelheid.

Eindterm 16

De leerling differentieert functies. (B)

Het gaat hierbij om:

- bepalen van de afgeleide van standaardfuncties: machtsfunctie, de sinus- en cosinusfunctie;
- gebruikmaken van de kettingregel voor het differentiëren van functies van de vorm $g(f(x))$, waarbij f een lineaire functie is en g een standaardfunctie;
- differentiëren met behulp van de som-, verschil- en scalairregel.

Subdomein A6 Keuzeonderwerp

Eindterm 17

De leerling toont inzicht in een wiskundig onderwerp naar keuze. (B)

Het gaat hierbij om:

- zich oriënteren op wiskunde;
- uitvoeren van wiskundige activiteiten;
- verbreden van wiskundige concepten;
- reflecteren op wiskundige houding.

Te denken valt aan:

- een debat organiseren over brede thema's, zoals wiskunde en kunst of taal, of de geschiedenis van de wiskunde en sociaal- en natuurwetenschappelijke wiskunde;
- zich verdiepen in wiskundig thema's, zoals rijen en reeksen, analyse en calculus, partieel integreren, voortgezette statistiek, of analytische meetkunde;

- zich verbreden in specifiek wiskundige thema's, zoals speltheorie, cryptografie, grafentheorie, getaltheorie, fractals, logica, of perspectieftekenen;
- onderzoek van de rol van wiskunde in praktijk en beleid ten aanzien van maatschappelijke thema's, zoals technologie, globalisering, duurzaamheid en gezondheid.

Domein B Wiskundige activiteiten

Subdomein B1 Activiteiten met concepten

Eindterm 18

De leerling past relevante wiskundige activiteiten en denkwijzen toe als het gaat om concepten toegewezen aan het centraal examen. (B)

Het gaat hierbij om:

- aanpakken van niet-routine problemen;
- werken met wiskundige modellen;
- wiskundig redeneren en bewijzen;
- abstraheren, generaliseren en formuleren;
- gebruiken van digitaal wiskundig gereedschap.

Subdomein B2 Wiskundig probleemaanpakken

Eindterm 19

De leerling pakt niet-routineproblemen systematisch aan, waarbij wiskunde een rol speelt. (B)

Het gaat hierbij om:

- herkennen van en werken aan niet-routine problemen;
- gebruiken van de fasen van het proces van probleemaanpak;
- samenwerken en taken verdelen;
- effectief hulp vragen en gebruikmaken van bronnen;
- organiseren, monitoren en evalueren van het proces van probleemaanpak.

Te denken valt aan:

- geschikte heuristieken gebruiken die passen bij de fasen van probleemaanpak, zoals bij een optimalisatieprobleem, het opstellen van een functie voor de te optimaliseren grootte en vervolgens het differentiëren van die functie;
- geschikte heuristieken gebruiken die passen bij de fasen van probleemaanpak, zoals het invoeren van een variabele voor een onbekende afstand tijdens het oplossen van een meetkundig probleem;
- opdelen in praktisch oplosbare deelproblemen;
- ervaren hoe het is om vast te lopen in een probleem en vasthoudend strategieën inzetten om tot oplossingen te komen;
- hulpbronnen inschakelen, zoals bijvoorbeeld een andere wiskundige techniek kiezen, exploreren met digitaal wiskundig gereedschap, of hulp van een ander zoeken;
- toepassen van de werkwijze van Pólya.

Eindterm 20

De leerling herkent en gebruikt een abstract perspectief op wiskundige concepten en technieken om op heuristische wijzen niet-routine problemen aan te pakken. (B)

Het gaat hierbij om:

- herkennen en gebruiken van algoritmische aspecten in wiskundige technieken, waarbij de aandacht verschuift naar globale eigenschappen;
- combineren van verschillende concepten en technieken;
- herkennen en beschrijven van voorbeeldproblemen waarin beheerste wiskundige technieken toegepast kunnen worden.

Te denken valt aan:

- de inverse-functie gebruiken als een principe om vergelijkingen mee op te lossen;
- de stelling van Pythagoras zien als een methode om de afstand tussen twee punten in een rooster te berekenen;
- bruikbaarheid en toepasbaarheid van algoritmes inschatten, bijvoorbeeld als de abc-formule niet oplossingen geeft als de discriminant negatief is;

- de discriminant zien als een concept om de onderlinge ligging van twee cirkels te onderzoeken;
- heuristische gebruiken, zoals *guess and check*, vereenvoudigen van het probleem en terug redeneren.

Eindterm 21

De leerling doet onderzoek met behulp van wiskunde in een probleemsituatie. (B)

Het gaat hierbij om:

- vragen stellen met behulp van wiskunde bij een probleemsituatie;
- formuleren van een wiskundig probleem;
- formuleren van een vermoeden van wiskundige aard;
- systematisch werken volgens fasen van een onderzoekscyclus;
- onderbouwen van conclusies.

Te denken valt aan:

- vragen stellen over een probleemsituatie vanuit meerdere perspectieven;
- volgen van een onderzoekscyclus met fasen, zoals oriënteren, verkennen, analyseren, plannen, uitvoeren, conclusies trekken, verifiëren, presenteren;
- bewijzen van de juistheid van een resultaat;
- onderzoeken van mogelijke generalisaties van een gevonden oplossing, binnen en buiten de wiskunde.

Subdomein B3 Onderzoeken met modellen

Eindterm 22

De leerling modelleert aan de hand van een modelleercyclus. (B)

Het gaat hierbij om:

- maken van een conceptueel model bij een probleemsituatie;
- mathematiseren van een conceptueel model tot een wiskundig model;
- rekenen en redeneren met wiskundige modellen;
- interpreteren van de uitkomsten van wiskundig modellen;
- aanpassen van modellen.

Te denken valt aan:

- aandacht geven aan onderliggende wiskundige modellen bij opgaven;
- bespreken van grafische modellen van veranderingsgedrag met digitaal wiskundig gereedschap;
- verkennen van omvangrijke probleemsituaties vanuit ruwe schattingen, bijvoorbeeld in de vorm van het opstellen van zogenaamde Fermi-problemen;
- een vergelijking maken tussen wiskundige modellen en wetten bij natuurwetenschappen.

Eindterm 23

De leerling werkt met gegeven modellen. (B)

Het gaat hierbij om:

- vergelijken van bestaande modellen;
- kritisch bekijken van bruikbaarheid van modelresultaten;
- evalueren van aansluiting bij probleemsituaties;
- evalueren van aannames.

Te denken valt aan:

- verschillende modellen ontwikkelen voor berekening van bijvoorbeeld een inflatie-index, de *Living Planet Index*, of de *Human Development Index*;
- redeneren met een grafisch model van het verband tussen een lineaire toename CO₂-uitstoot en een kwadratische toename van cumulatieve CO₂-uitstoot, en wat er gebeurt bij een lineaire afname van CO₂-uitstoot;
- een adviserende tekst schrijven over beleid om CO₂-uitstoot te reduceren volgens verschillende scenario's van lineaire, exponentiële of andere trends.

Eindterm 24**De leerling gebruikt wiskundige modellen in profielgerichte context. (B)**

Het gaat hierbij om:

- interpreteren en analyseren van gegeven dynamische modellen in natuurwetenschappelijke context;
- gebruiken van simulaties om discrete dynamische modellen door te rekenen en het gedrag van parameters onderzoeken;
- opstellen van dynamisch model bij een natuurwetenschappelijke context;
- aanpassen van de recurrente verbanden in een model.

Te denken valt aan:

- gebruiken van kennis, vaardigheden en inzichten over verbanden en veranderingen om probleemsituaties bij bijvoorbeeld populatiegroei, trillingen, valbewegingen te modelleren;
- gebruiken en analyseren van modellen uit natuurwetenschappen, bijvoorbeeld wet van Fick of de wet van Newton;
- gebruiken van eenvoudige modellen van leefomgeving en maatschappij;
- uitvoeren van simulaties met modellen over populatieontwikkeling of natuurkundige verschijnselen, zoals bij warmte-uitwisseling.

Subdomein B4 Redeneren en bewijzen**Eindterm 25****De leerling redeneert wiskundig in stappen. (B)**

Het gaat hierbij om:

- beoordelen of redeneerstappen en aannames correct en compleet zijn;
- adequaat hanteren van logische verbindings- en voegwoorden;
- herkennen van inductief en deductief redeneren;
- beweringen weerleggen met een tegenvoorbeeld.

Te denken valt aan:

- een poster maken over specifieke wiskundige redeneringen die bij het aanpakken van probleemsituaties horen;
- redeneren, in afstemming met andere vakken, met voegwoorden zoals als, dan, dus, daarom, want, tenzij, zodat, en, en of;

- uitleggen dat de grafiek van een kwadratische functie symmetrisch is omdat de invoer van eenzelfde positief of negatief getal eenzelfde resultaat geeft; en het $+/-$ teken in de abc-formule wijst op symmetrie;
- op basis van getallenrijen een algemene uitspraak doen en deze uitleggen;
- een vergelijking maken tussen inductieve en deductieve argumenten in discussies waarbij wiskunde een rol speelt.

Eindterm 26

De leerling werkt met algoritmes. (B)

Het gaat hierbij om:

- aangeven of een beschrijving van een werkwijze al dan niet om een algoritme gaat;
- formuleren van een bekende wiskundige techniek als een algoritme;
- herkennen van mogelijkheden en beperkingen in de bruikbaarheid van algoritmen.

Te denken valt aan:

- bij een algoritme een stroomschema maken en hiermee redeneren;
- gebruiken van een macro in een dynamisch meetkundeprogramma;
- onderzoek doen naar algoritmes achter nieuwsupdates, zoekfuncties en reclame;
- de bruikbaarheid van een algoritme verbeteren door een aanpassing te bedenken;
- werken met algoritmes, bijvoorbeeld om de toren van Hanoi te verplaatsen.

Eindterm 27

De leerling bewijst een wiskundige bewering. (B)

Het gaat hierbij om:

- beoordelen of een redenering geldt als een wiskundig bewijs;
- onderscheiden van gegevens en hetgeen te bewijzen is;
- stellingen bewijzen en completeren van een bewijs dat deels gegeven is;
- gebruiken van bewijs vanuit tegenspraak.

Te denken valt aan:

- zich oriënteren op probleemstelling, beschikbare informatie en mogelijke bewijsstrategieën;
- combineren van een gedachtenexperiment en een bewijsvoering, bijvoorbeeld door een verhaal te vertellen over evenwijdigheid op de aardbol: kunnen parallelle lijnen elkaar snijden en wat wordt bedoeld met evenwijdigheid?
- een pitch geven over het bewijs dat $\sqrt{2}$ niet als een breuk te schrijven is, bijvoorbeeld over de lengte van de diagonaal van een vierkant van 1 bij 1, het nut van niet-rationale getallen, en de schoonheid van de bewijsvoering;
- een illustratie van bewijsaanpakken maken die laat zien dat een bewijs twee kanten op kan werken: vanuit het gegeven resultaat naar de vraag en omgekeerd;
- beschrijven van bewijsprincipes aan de hand van de eenvoudige bewering dat de som van twee even getallen altijd een even uitkomst heeft.

Subdomein B5 Digitaal wiskundig gereedschap

Eindterm 28

De leerling gebruikt geschikt digitaal gereedschap bij wiskunde. (B)

Het gaat hierbij om:

- gebruiken van grafische methoden;
- gebruiken van numerieke methoden;
- gebruiken van symbolische methoden;
- verwerken en analyseren van data;
- onderzoeken van modellen.

Te denken valt aan:

- gebruiken van geschikt digitaal gereedschap, inclusief de mogelijkheden van generatieve artificiële intelligentie (AI), ten behoeve van probleemaanpak;
- gebruiken voor grafische weergaven en analyses te doen ten behoeve van werkstukken;
- onderzoeken van de rol van parameters bij transformaties van functies.

Domein C Wiskundige oriëntatie

Subdomein C1 Formuleren en communiceren

Eindterm 29

De leerling toont inzicht in de vaktaal van de wiskunde. (B)

Het gaat hierbij om:

- beheersen van wiskundige symbolen;
- begrip tonen van wiskundige begrippen;
- begrip tonen van visuele representaties;
- vertalen van dagelijkse taal naar vaktaal en andersom.

Te denken valt aan:

- verschil herkennen tussen typen verbanden, zoals $f(p) = p^q$ en $f(p) = q^p$;
- schakelen tussen representaties van de afgeleide zoals $f'(x)$, $\frac{df}{dx}$, $\frac{dy}{dx}$, $\frac{dA}{dt}$, en differentiaalquotient;
- de begrippen hyperbool, parabool, exponentiële en logistische groei relateren aan de grafieken van functies;
- verwerken van online informatie in tabellen of infographics die gebaseerd zijn op technische of natuurwetenschappelijke statistieken.

Eindterm 30

De leerling communiceert in de vaktaal van de wiskunde. (B)

Het gaat hierbij om:

- verwoorden van gedachten in vaktaal;
- deelnemen aan samenwerkingsvormen;
- hanteren van de juiste notaties, conventies en benamingen;
- maken van visuele representaties;
- verslag doen van onderzoeksmethoden en resultaten.

Te denken valt aan:

- onderscheid maken tussen notaties m.b.t. hoofdletter- en kleine lettergebruik; $P(X = x)$, lijnstuk AB en lengte van lijnstuk a, punt A en vector \vec{a} of \overrightarrow{AB} ;
- binnen een uitwerking consistent variabelen gebruiken; bijvoorbeeld bij een punt P niet als variabele $P(x, 2x)$ inzetten wanneer $f(x) = x^3 - 4x$ gegeven is, maar $(p, 2p)$;
- correct gebruiken van wiskundige conventies, zoals intervalnotaties, het isgelijkteken en kansnotatie;
- gebruiken van zorgvuldige lay-out bij grafieken en diagrammen over bijvoorbeeld de opwarming van de aarde, waarbij de relatie tussen oorzaken en gevolgen duidelijk worden weergegeven;
- gebruiken van een formule-editor.

Subdomein C2 Wiskundige houding

Eindterm 31

De leerling past wiskundige denkwijzen toe. (B)

Het gaat hierbij om:

- patronen zoeken;
- structuren beschrijven;
- classificeren;
- abstraheren en generaliseren;
- streven naar compressie van concepten en procedures.

Te denken valt aan:

- gebruiken van wiskundige denkwijzen als generaliseren en formaliseren na oplossen van een probleem, waarbij vragen gesteld worden als "waar geldt dit nog meer?", "hoe kan deze aanpak effectief en efficiënt vastgelegd worden?";
- herkennen en expliciteren van wiskundige denkwijzen zoals specificeren, abstraheren, concretiseren, classificeren, karakteriseren als heuristische bij het oplossen van problemen;
- analogieën zien tussen wiskundige denkwijzen en denken en leren in dagelijkse praktijk;
- redeneren over lange termijn patronen van economische ontwikkeling, verstedelijking, inkomensontwikkeling en bevolkings spreiding;
- redeneren over meerjarige klimaat- en weerpatronen.

Eindterm 32**De leerling herkent en gebruikt wiskunde in dagelijkse, maatschappelijke en onderwijsgerichte situaties. (E)**

Het gaat hierbij om:

- vragen stellen vanuit wiskunde over de wereld;
- toepassen van wiskundige activiteiten en denkwijzen;
- gebruiken van wiskunde in andere vakken;
- evalueren van gebruik van wiskunde in cultuur en maatschappij.

Te denken valt aan:

- gebruiken van wiskunde bij informatievaardigheden, en de vakspecifieke benaderingswijze van maatschappijleer bij de analyse van maatschappelijke en politieke vraagstukken;
- combineren van de resultaten van wiskundige modellen en analyses van natuurwetenschappelijke vraagstukken over biodiversiteit, luchtkwaliteit, populatie, en weer en klimaat;
- verwijzen naar de inbreng vanuit wiskunde bij grotere opdrachten die gaan over natuurwetenschappelijke, economische en maatschappelijke vraagstukken;
- combineren van een modelleercyclus of statistische onderzoekscyclus met onderzoeksmethodieken van de natuurwetenschappelijke vakken.

Eindterm 33**De leerling legt verbanden tussen ervaringen, persoonlijke interesses en kwaliteiten, vervolgopleidingen en toekomst. (E)**

Het gaat hierbij om:

- verkennen van de plaats en functie van wiskunde in de samenleving;
- oriënteren op sectoren, beroepen en vervolgopleidingen waarin de kennis en vaardigheden van het schoolvak wiskunde relevant zijn;
- deelnemen aan activiteiten gerelateerd aan het schoolvak wiskunde;
- verwoorden van de eigen kwaliteiten en interesses passend bij het schoolvak wiskunde;
- reflecteren op opgedane ervaringen in het kader van oriëntatie op studie en werken.

Te denken valt aan:

- vragen stellen, in de vorm van een voorbereid, mondeling interview, aan mensen met diverse beroepen over hoe zij wiskunde gebruiken in de beroepspraktijk;
- meebeslissen over een enquête die op school gehouden wordt over bijvoorbeeld lespraktijken of schoolbeleid ten aanzien van ICT-gebruik, of het aanbod in de kantine;
- onderbouwen van een studiekeuze vanuit aandacht voor de eigen affiniteit met wiskunde en ervaringen opgedaan tijdens open dagen van onderwijsinstellingen, bedrijven of organisaties;
- verwoorden van affiniteit met en capaciteit voor wiskunde en dit verbinden met het zich oriënteren op een vervolgopleiding;
- deelnemen aan een wiskunde B-dag.

Bijlage – Begrippenlijst wiskunde

Hieronder lees je de vakspecifieke begrippen en hun omschrijving.

Begrip	Omschrijving
Algoritme	Een eenduidige beschrijving van de stappen die nodig zijn om een probleem op te lossen, en van de volgorde van die stappen.
Centrummaten	Gemiddelde, mediaan en modus.
Data	Gegevens. Resultaat van waarnemingen.
Dataset	Een verzameling van samenhangende data.
Diagram	Een visueel gestructureerde weergave van een dataset.
Eenheden	Een maat waarin de waarde van een grootheid wordt uitgedrukt.
Functie	Een relatie tussen de verzameling van de mogelijke waarden van inputvariabelen en de verzameling waarden van outputvariabelen, waarbij aan ieder element uit de verzameling van inputvariabelen precies één element uit de verzameling outputvariabelen is gekoppeld.
Gecijferdheid	Het vermogen om adequaat te handelen en redeneren in (alledaagse) situaties waarin getallen, getalsmatige en meetkundige aspecten naar voren komen.
Grafiek	Een weergave in een assenstelsel van een dataset waarin twee of meer variabelen aan elkaar gekoppeld zijn.
Grootheid	Een eigenschap van een verschijnsel of object, die kan worden uitgedrukt in een numerieke waarde en zo nodig een eenheid. Voorbeelden met eenheden zijn lengte, inhoud, tijd en geheugenomvang. Voorbeelden zonder eenheden zijn indices.
Heuristiek	Een probleemaanpak die geen garantie biedt op het vinden van een oplossing, maar de kans daarop wel vergroot.
Niet-routineprobleem	Een wiskundige opgave die de leerling op onbekend terrein brengt.

Patroon	Een regelmaat in een rij getallen of andere wiskundige objecten. Patronen kunnen worden weergegeven in taal, rijen getallen en figuren, tabellen, diagrammen, grafieken, en formules. Patronen kunnen herhalend van karakter zijn, maar dat hoeft niet.
Referentiemaat	Een referentiemaat is iets concreets dat men zich kan voorstellen bij een eenheid.
Rekenaanpak	De rekenvorm in combinatie met de rekenwijze die wordt gebruikt om een rekenopgave op te lossen.
Rij	Een opeenvolging van getallen of andere wiskundige objecten. In een rij kan zich een patroon voordoen, maar dat hoeft niet. In het primair onderwijs wordt hiervoor ook wel het woord <i>reeks</i> gebruikt.
Spreidingsmaten	Spreidingsbreedte, interkwartielafstand en standaardafwijking.
Standaardverband	Een lid uit een familie van verbanden, die zich van de verbanden uit andere families onderscheiden op een of meer specifieke kenmerken. In het voortgezet onderwijs zijn dat bijvoorbeeld: lineair verband, exponentieel verband, kwadratisch verband.
Standaardfunctie	Een functie met een afhankelijke en onafhankelijke variabele zonder parameters, zoals $y = x$, $y = 1/x$ en $y = \sqrt{x}$.
Variabele	Een uitdrukking, meestal aangegeven met een letter, die is gedefinieerd voor waarden binnen een bepaalde verzameling. Een variabele heeft vaak betrekking op numerieke grootheden en functies daarvan, maar kan ook worden gebruikt om elementen van verzamelingen weer te geven die geen getallen zijn.
Verband	Een relatie tussen variabelen of grootheden.
Verwachtingswaarde	De verwachtingswaarde van een toevalsvariabele is de waarde die deze toevalsvariabele gemiddeld genomen zal aannemen. Dit gemiddelde is het gewogen gemiddelde van alle mogelijke uitkomsten met als gewichtsfactor de kans dat een bepaalde waarde zich voordoet.

Wiskundetaal	Taal die bij rekenen en wiskunde een rol speelt: begrippen, naamgeving van concepten, symbolen, notaties, en de betekenissen en uitspraak daarvan.
Wiskundig model	Een wiskundig model is een abstracte weergave van een situatie, die bepaalde kenmerken benadrukt en andere kenmerken weglaat. Bijvoorbeeld een schematische tekening, een rekenaanpak of een wiskundige formule bij een situatie.
Wiskundig modelleren	Het gebruiken, aanpassen en construeren van een geschikt wiskundig model.
Wiskundige attitude	Persoonlijke houdingen ten aanzien van wiskunde in combinatie met de bereidheid en mogelijkheid om de wereld te beschouwen vanuit een wiskundig perspectief.
Wiskundige representatie	Een weergave van een wiskundig concept.



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)