

Geactualiseerde concept-examenprogramma's natuurkunde

In het februarinummer stond een artikel over de actualisatie van de examenprogramma's natuurkunde voor vmbo, havo en vwo. Daarin beschreven we het ontwikkelproces en de vervolgfases. Ondertussen heeft SLO de concept-examenprogramma's gepubliceerd op www.slo.nl/actualisatie.

In dit artikel gaan we verder de diepte in: hoe zien de geactualiseerde conceptexamenprogramma's voor natuurkunde eruit? Hoe zijn de verschillende domeinen uit de conceptexamenprogramma's met elkaar verbonden? En hoe hebben vier belangrijke uitgangspunten van de actualisatie voor natuurkunde – diepte boven breedte, aansluiten bij vervolgonderwijs, gedifferentieerde wiskunde en ruimte voor keuze – een plek gekregen in de conceptexamenprogramma's?

Zes domeinen

Alle natuurwetenschappelijke vakken – biologie, natuurkunde, nlt, O&O en scheikunde – hebben dezelfde zes domeinen opgenomen in hun conceptexamenprogramma's. Het gaat om: Aard van natuurwetenschappen en technologie, Concepten, Denkwijzen, Vraagstukken, Werkwijzen en Zelfontwikkeling. Voor natuurkunde is het domein Concepten



het startpunt. Vanuit dit domein worden veel inhoudelijke verbindingen gemaakt met de domeinen Denkwijzen en Werkwijzen.

Het domein Denkwijzen gaat over karakteristieke manieren waarop in de natuurwetenschappen over de wereld wordt nagedacht, bijvoorbeeld het denken in behoud en transport. Ze zijn gebaseerd op de 'crosscutting concepts' uit de Amerikaanse 'Next Generation Science Standards' (National Research Council, 2013). Dat komt bijvoorbeeld terug in deze uitwerking van de eindterm over warmte in het conceptexamenprogramma vmbo-kb: "Analyseren van omzetting en opslag van elektrische energie en warmte aan de hand van energiebehoud." Het domein Werkwijzen gaat over de natuurwetenschappelijke vaardigheden, zowel

onderzoeks- en ontwerpvaardigheden als vaardigheden die meer algemeen van aard zijn, zoals het gebruiken van modellen. Ontwerpvaardigheden komen bijvoorbeeld terug in deze uitwerking van de eindterm over automatisering in het havo-conceptexamenprogramma: "Ontwerpen van een sensorschakeling met niet-ohmse weerstanden."

In tegenstelling tot biologie en scheikunde, hebben we er bij natuurkunde bewust voor gekozen om vanuit het domein Concepten niet met het domein Vraagstukken te verbinden. Hierdoor zijn leraren niet gebonden aan specifieke vraagstukken die aansluiten bij die concepten. Dit geeft ruimte om gebruik te maken van eigen expertise of lokale faciliteiten, of om in te spelen op de actualiteit. Bij

zo'n vraagstuk komen uiteraard wel natuurkundige concepten aan de orde, net als inhouden uit alle andere domeinen van de conceptexamenprogramma's. Het is aan de leraar om de concepten te kiezen.

Diepgang en aansluiting

Actualiseren van het curriculum vraagt altijd om het maken van keuzes. Er is vaak meer interessante en nuttige stof dan past in de beschikbare tijd voor het vak. Voor natuurkunde speelde dat nog extra omdat de beschikbare tijd voor het vak afneemt. Hierbij hebben we, waar dat redelijkerwijs kon, gekozen voor diepgang in plaats van breedte. Door bij een beperkt aantal onderwerpen echt de diepte in te gaan, kunnen leerlingen meer realistische (beroeps)situaties bestuderen en komen ze meer in aanraking met de manier van denken en werken van natuurkundigen.

Dit uitgangspunt doet nog geen uitspraak over welke onderwerpen in de conceptexamenprogramma's aan de orde komen. Bij die keuzes waren de aard van de schoolsoort en relevantie voor het vervolgonderwijs leidend. We hebben dus ook andere keuzes gemaakt voor de verschillende schoolsoorten en leerwegen. Daarnaast hebben we onderwerpen gekozen die aansluiten bij de huidige tijd. Dit levert vooral op het vmbo veranderingen op, omdat de examenprogramma's op het vmbo in 1999 voor het laatst zijn vernieuwd. Een totaaloverzicht van de eindtermen in het domein Concepten is te zien in de tabel.

Op **vmbo-bb** en **vmbo-kb**, is het vak het kleinst. Daar hebben we dus de scherpste keuzes gemaakt. We hebben daar gekozen voor een aantal onderwerpen die belangrijk zijn voor de beroepsgerichte profielen en vervolgoopleidingen op het mbo: *elektrische schakelingen*, (*krachten*)*evenwichten*, *warmte* en *stoffen en materialen*. Dit is aangevuld met twee toepassingen die ook vanuit de organisaties die ons adviseerden veel steun kregen: *energievoorziening* en *automatisering*. *Licht en beeld*, *geluid* en *straling en stralingsbescherming* (kb) zijn dus geen onderdeel meer van de verplichte stof, maar komen wel in de keuzeruimte terug (zie de tekst 'Ruimte voor keuze'). *Het weer* (kb) is uit de conceptexamenprogramma's van vmbo-bb en vmbo-kb verdwenen.

subdomein	eindterm	b	k	t	h	v
Mechanica - Evenwichten	Evenwichten	CE	CE	CE	SE	
Mechanica - Beweging	Beweging			CE	CE	CE
	Kracht en beweging				CE	CE
	Energie en beweging				CE	CE
	Trillingen en Golven				CE	CE
Elektriciteit en Magnetisme	Elektrische Schakelingen	CE	CE	CE	CE	SE
	Elektromagnetisme					SE
Stoffen en Materialen	Stoffen en Materialen	SE	SE	SE		
Materie en Straling	Warmte en Energie	CE	CE	CE		
	Atoom- en astrofysica					CE
	Kernfysica					CE
	Quantumfysica					CE
Energievoorziening	Energievoorziening	SE	SE	SE	CE	SE
Automatisering	Automatisering	SE	SE	SE	SE	
Keuze	Biofysica			K-SE	K-SE	K-SE
	Kernfysica	K-SE	K-SE	K-SE	K-SE	
	Geofysica				K-SE	K-SE
	Geometrische optica	K-SE	K-SE			
	Speciale Relativiteitstheorie					K-SE
	Hemelmecanica					K-SE
	Astrofysica	K-SE	K-SE	K-SE	K-SE	
	Beweging	K-SE	K-SE			
	Geluid	K-SE	K-SE	K-SE		
	Stoffen en Materialen				K-SE	
	Automatisering					K-SE

Overzicht van de eindtermen in het domein Concepten, inclusief hun toewijzing aan CE of SE, inclusief de eindterm waaruit op het SE een keuze gemaakt wordt (K-SE). De titels van de eindtermen zijn hier indicatief en hebben geen officiële status.

Op **vmbo-gl/tl** kozen we ervoor om naast de onderwerpen voor vmbo-bb en vmbo-kb ook *beweging* op te nemen. Het beschrijven en analyseren van bewegingen vereist namelijk veel wiskundige vaardigheden die leerlingen op vmbo-gl/tl nodig hebben. Ook zijn de complexere natuurkundige problemen waarmee deze leerlingen later in aanraking komen vaak dynamisch. De eindterm over beweging is het begin van het begrijpen daarvan. Ook hier zijn *Geluid* en *straling en stralingsbescherming* geen onderdeel meer van de verplichte stof, maar ze komen terug in de keuzeruimte (zie de tekst 'Ruimte voor keuze'). *Het weer* en *veiligheid in het verkeer* zijn uit het conceptexamenprogramma verdwenen. *Licht en beeld* kan een plek krijgen in het nieuwe onderdeel *biofysica*, maar dat hoeft niet.

Op **havo** is *mechanica* opgenomen als een onderwerp dat volop de ruimte biedt voor zowel conceptuele als wiskundige diepgang. Hierin komen belangrijke kernconcepten uit de natuurkunde aan de orde, zoals kracht, energie, trilling en golf. Deze concepten zijn relevant voor veel vervolgoopleidingen in het hbo, zoals bouwkunde en autotechniek. *Elektriciteit en magnetisme* is fundamenteel in veel toepassingsgebieden in de natuurkunde, waaronder de twee die in het programma een plek hebben: *energievoorziening* en *automatisering*. Door de keuze voor diepte én de afname van de grootte van het vak hebben we ervoor gekozen om in het verplichte programma voor havo geen eindtermen meer op te nemen over materie. *Stoffen en materialen* en de kernfysica van *medische beeldvorming* zijn dus geen onderdeel meer van het verplichte programma, maar zijn naar de keuze-



» onderdelen verplaatst. *Functionele materialen* en het keuzeonderwerp *optica* zijn uit het conceptexamenprogramma verdwenen, al is het wel mogelijk om hier in de keuzeruimte aandacht aan te besteden.

Op **vwo** hebben we ervoor gekozen om drie verplichte eindtermen op te nemen in het subdomein *Materie en straling*, respectievelijk over *kernfysica*, *atoom- en astrofysica* en *quantumfysica*. Deze sluiten aan bij de fundamentele oriëntatie van het vwo. De bouw en structuur van materie is immers een fundamentele vraag waar de natuurkunde zich mee bezighoudt. Het subdomein *mechanica - beweging* legt op vwo de nadruk op de fundamentele verbanden tussen beweging, kracht en energie, in plaats van op de toepassing van krachten. Ook is een eindterm over *elektromagnetisme* opgenomen, als plek waar leerlingen in contact komen met de fundamentele concepten veld en potentiaal, die ook voor quantumfysica relevant zijn. *Gravitatie* is dus geen onderdeel meer van de verplichte stof, maar komt wel in de keuzeruimte terug (zie de tekst 'Ruimte voor keuze'). *Eigenschappen van stoffen en materialen* en het keuzeonderwerp *kern- en deeltjesprocessen* zijn uit het conceptexamenprogramma verdwenen.

Differentiatie in wiskunde

Naast de differentiatie in onderwerpkeuze hebben we er ook voor gekozen heel expliciet te differentiëren in het gebruik van wiskunde. Soms is dat in de eindtermen van de Concepten te zien. Op vmbo-bb staat in de eindterm over evenwichten bijvoorbeeld: "Kwalitatief toepassen van het verband tussen druk en kracht," terwijl bij vmbo-gl/tl het woord 'kwalitatief' niet is opgenomen.

Vaak gaat het ook via de verbinding met de eindterm over het gebruik van wiskunde en dan vooral de uitwerking over het gebruik van formules. Op vmbo-bb hoeven leerlingen alleen woordformules te gebruiken, op vmbo-kb ook symboolformules. In beide gevallen hoeven leerlingen formules niet te kunnen omschrijven, maar alleen in te vullen. Op vmbo-gl/tl moeten leerlingen wel formules kunnen omschrijven en moeten ze ook meerdere formules achter elkaar kunnen gebruiken door de uitkomst van de ene



formule in te vullen in de andere. Leerlingen hoeven daarbij geen substitutie te gebruiken, dat hoeft alleen op havo en vwo. Op vwo moeten leerlingen ook formules differentiëren en integreren.

Daarnaast hebben we op vmbo-gl/tl, havo en vwo een eindterm opgenomen waarin leerlingen ervaring opdoen met wiskunde die ze na hun diploma kunnen tegenkomen. Op het vwo is dit bijvoorbeeld de eindterm: "De leerling doet ervaring op met differentiaalvergelijkingen bij natuurkundige inhoud uit het domein Concepten." Dit is een zogenoemd ervaringsdoel: het beschrijft niet welke kennis of vaardigheden een leerling moet beheersen, maar waar een leerling mee in aanraking moet komen.

Ruimte voor keuze

In alle conceptexamenprogramma's natuurkunde is het subdomein *Keuze* opgenomen, uitgewerkt in verschillende keuze-eindtermen. Leerlingen op vmbo-bb en -kb krijgen onderwijs en doen schoolexamen in één eindterm; op vmbo-gl/tl, havo en vwo in twee eindtermen, zoals nu al geldt voor de examenprogramma's havo en vwo. En zoals nu ook al het geval is, maakt het bevoegd gezag formeel die keuze. In de praktijk wordt die keuze doorgaans overgelaten aan de vaksectie, die er ook voor kan kiezen om de keuze aan de leerling te laten. Het was voor ons belangrijk om deze ruimte voor keuze in alle conceptexamenprogramma's op te nemen, om zo ruimte te bieden aan de breedte van het vakgebied, naast de diepte waarvoor is gekozen in het verplichte programma. Daarnaast geeft het leraren de mogelijkheid

om aan te sluiten bij hun interesse, hun expertise, de omgeving van de school en/of de actualiteit. Om hier nog extra mogelijkheden voor te scheppen, zijn de eindtermen in het subdomein *Keuze* ook globaler geformuleerd dan de eindtermen in het verplichte deel. In de tabel is te zien welke eindtermen per schoolsoort en leerweg onderdeel zijn van de keuzeruimte.

Blijf op de hoogte en doe mee met beproeven!

Wil je de conceptexamenprogramma's natuurkunde lezen? Ga dan naar www.slo.nl/actualisatie. Meer informatie over de actualisatie van de natuurwetenschappelijke vakken is te vinden op: www.actualisatie-examenprogrammas.nl/natuurwetenschappelijke-vakken. Daar kun je je ook aanmelden voor automatische updates, zodat je op de hoogte blijft.

In 2025-2026 beproeft SLO de conceptexamenprogramma's O&O en nlt op scholen. In schooljaar 2026-2027 gebeurt dit voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde. Ben je geïnteresseerd in deelname voor biologie, natuurkunde of scheikunde? Stuur dan een mail naar beproevenexamenprogramma@slo.nl met vermelding van jouw school, vak, schoolsoort en contactgegevens. ●

BRONNEN

- National Research Council (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. The National Academies Press <https://doi.org/10.17226/18290>