

TOELICHTING CORRECTIEVOORSCHRIFT NATUURKUNDE HAVO EN VWO 2026 EN VERDER

INLEIDING

Het correctievoorschrift bij de examens dient als bindend voorschrift voor examinatoren bij de beoordeling van het werk van examenkandidaten. Het correctievoorschrift bestaat uit zes hoofdstukken, waarvan de eerste drie het kader voor de correctie vormen. De eerste twee hoofdstukken bevatten de algemene regels voor de beoordeling. In dit artikel focussen we op het derde hoofdstuk, de vakspecifieke regels. Deze zijn geactualiseerd voor de examens natuurkunde havo en vwo in 2026; in de afgelopen [septembermededeling](#) zijn ze gepubliceerd.

De vakspecifieke regels zoals die tot nu toe gebruikt zijn, gaan voor natuurkunde al enkele decennia mee, met hier en daar een kleine aanpassing bij een wijziging in het examenprogramma. In de loop van de tijd bleken de vakspecifieke regels minder houvast te geven dan gewenst. De eenduidigheid was op een aantal punten niet optimaal. En met het vervallen van de oude vakspecifieke regel drie over significantie enkele jaren geleden bleek dat in ieder geval een nieuwe vakspecifieke regel over significantie gewenst was. Daarom is enkele jaren geleden besloten om alle vakspecifieke regels voor de examens natuurkunde nog eens grondig onder de loep te nemen en te actualiseren.

De interpretatieruimte die de eerdere vakspecifieke regels boden, kon tot onwenselijke discussies leiden. We streven er immers naar dat elk examen door alle examinatoren gelijkwaardig wordt beoordeeld. Deels zijn deze discussies ondervangen door de regels toe te lichten in verschillende documenten, waaronder tot examenjaar 2025 de syllabus (bijlage vier), en de [‘Veelgestelde vragen’ op examenblad.nl](#). Tijdens de correctie van het examen is het echter niet praktisch om informatie uit verschillende CvTE-bronnen te moeten halen. Bij het actualiseren is het uitgangspunt om alles wat voor de correctie nodig is, weer in het correctievoorschrift op te nemen. Het doel hierbij is om tot gedegen vakspecifieke regels te komen die zoveel mogelijk eenduidigheid en overzicht bieden aan de examinatoren.

De geactualiseerde vakspecifieke regels zijn tot stand gekomen na een aantal bijeenkomsten van de vaststellingscommissie natuurkunde havo/vwo, in nauw contact met toetsdeskundigen van Cito en in samenspraak met leden van constructiegroepen en de clustermanager CvTE. Ook is advies ingewonnen vanuit het veld middels een consultatie onder een beperkt aantal docenten. Daarnaast heeft ook afstemming plaatsgevonden met de vaststellingscommissie natuurkunde vmbo.

Hieronder wordt ieder van de geactualiseerde vakspecifieke regels geïntroduceerd en toegelicht in relatie tot de regels die tot en met het afgelopen examenjaar zijn gehanteerd. Na de letterlijke formulering van de regels, worden de wijzigingen toegelicht en waar nodig wordt een voorbeeld bijgevoegd. Hierbij houden we de volgorde aan zoals de geactualiseerde regels opgenomen worden in het correctievoorschrift vanaf 2026.

GEBRUIK VAN DE FORMULE

In de vakspecifieke regels tot afgelopen examenjaar was dit de derde en laatste regel in hoofdstuk drie van het correctievoorschrift. Omdat het gebruik van de formule vaak een van de eerste scorepunten vormt in het correctievoorschrift, is het logischer om deze naar voren te plaatsen in de vakspecifieke regels.

De oude regel

De oude regel luidde:

Het scorepunt voor het gebruik van een formule wordt toegekend als de kandidaat laat zien kennis te hebben van de betekenis van de symbolen uit de formule. Dit blijkt als:

- de juiste formule is geselecteerd, én
- voor minstens één symbool een waarde is ingevuld die past bij de betreffende grootte.

De geactualiseerde regel

De geactualiseerde regel is als volgt geformuleerd:

1. Het scorepunt voor het 'gebruik van een formule' wordt toegekend als:
 - bij berekeningen en bepalingen de juiste formule is geselecteerd en voor minstens één grootte de overeenkomstige waarde is ingevuld of elders in de uitwerking de grootte met bijbehorende waarde is genoteerd.
 - Als in een formule eenzelfde grootte meermaals voorkomt moet de waarde van de grootte juist in de formule zijn ingevuld.
 - De formule hoeft niet genoteerd te zijn. Het gebruik ervan kan blijken uit de berekening/bepaling zelf.
 - bij afleidingen en redeneringen de juiste formule volledig is genoteerd en met deze formule een relevante bewerking of redeneerstap is uitgevoerd.
 - Bij een afleiding gaat het om een relevante wiskundige bewerking (omschrijving, substitutie) van de formule.
 - Bij een redenering gaat het om de beschrijving van het effect van de verandering van minstens één grootte in de formule.

Toelichting op de wijzigingen

De geactualiseerde regel is uitgebreider dan de oude regel over het gebruik van een formule, omdat de laatstgenoemde alleen eenduidig toegepast kon worden bij berekeningen en bepalingen. De afgelopen jaren werd steeds vaker naar afleidingen en redeneringen gevraagd en dus werd ook steeds meer de behoefte gevoeld om ook in deze gevallen de ruimte voor interpretatie bij het toekennen van het scorepunt in te perken. De nieuwe formulering van de regel over 'gebruik van een formule' komt aan deze behoefte tegemoet.

Ter illustratie van de toepassing van de uitgebreidere vakspecifieke regel bij afleidingen en redeneringen bespreken we een paar voorbeelden uit recente examens.

Voorbeeld: VWO 2024-1 vraag 8

"Voor het geabsorbeerde vermogen van de exoplaneet geldt:

$$P_{abs} = P_{ster} \frac{R^2}{4r^2} (1 - \alpha) \quad (2)$$

Hierin is:

- P_{ster} het uitgestraalde vermogen van de ster
- r de baanstraal van de exoplaneet
- R de straal van de exoplaneet ($R \ll r$)
- α de albedo van de exoplaneet

8. Leid de formule (2) af. Maak daarbij gebruik van formules uit het informatieboek."

Het gaat in deze vraag over het gebruik van $I = \frac{P_{bron}}{4\pi r^2}$. Alleen het opschrijven van deze formule is onvoldoende voor het behalen van het scorepunt. Er moet iets mee worden gedaan. Dat kan bijvoorbeeld zijn:

- Het invullen van P_{ster} voor P_{bron} . De kandidaat toont dan aan te begrijpen dat het hier gaat om het door de ster uitgestraalde vermogen.
- Het vermenigvuldigen van I met een oppervlakte. De kandidaat toont dan aan te begrijpen dat de formule voor een vermogen moet worden gevonden.

Voorbeeld: HAVO 2024-1 vraag 11

"Om in de parkeerbaan te komen, moest de raket brandstof verbranden om voldoende kinetische energie en zwaarte-energie te krijgen. De benodigde zwaarte-energie is niet afhankelijk van de plek waar de raket vanaf aarde gelanceerd werd. De benodigde kinetische energie is wel afhankelijk van de plek van lancering. Omdat de aarde om de aardas draait, heeft het lanceerplatform zelf een snelheid v_L . Hierdoor had de raket al voor de lancering kinetische energie.

11. Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat de snelheid v_L bij de evenaar het grootst is.
- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat er minder brandstof nodig is als de lanceerplek bij de evenaar ligt."

Het gaat in deze vraag over het gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$. Voor het behalen van het scorepunt moet de kandidaat nu nagaan wat de invloed van de verandering van r op v is. Als bijvoorbeeld wordt opgemerkt dat de snelheid toeneemt met de straal, dan wordt het scorepunt toegekend.

Voorbeeld: VWO 2025-1 vraag 3

"Tijdens het schaatsen moet een schaatser twee krachten overwinnen: de luchtweerstandskracht en de schuifwrijvingskracht. Voor de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ tijdens het schaatsen geldt:

$$F_{w,s} = f_d F_N \quad (1)$$

Hier is:

- $F_{w,s}$ de schuifwrijvingskracht
- f_d de dynamische wrijvingscoëfficiënt
- F_N de normaalkracht

Hieruit volgt dat het nuttige vermogen dat Schulting moet leveren om een constante snelheid v te schaatsen, berekend kan worden met de volgende formule:

$$P = f_d m g v + \frac{1}{2} c_w A \rho v^3 \quad (2)$$

3. Leid formule (2) af met behulp van formule (1) en formules uit het informatieboek."

Het gaat in deze vraag over het afleiden van een gegeven formule aan de hand van de schuifwrijving en nog een andere formule uit een informatieboek. In het eerste scorepunt moet gebruik gemaakt worden van de formule voor de schuifwrijvingskracht, waarin de formule voor de zwaartekracht gesubstitueerd moet worden. Zodra een kandidaat dat toepast kan het scorepunt toegekend worden.

Datzelfde geldt voor het gebruik van $P = Fv$. Indien de kandidaat hier duidelijk maakt dat de totale weerstandskracht hier van toepassing is en dan ook nog inziet dat één van deze weerstandskrachten afhankelijk is van de snelheid, dan kan dit scorepunt ook toegekend worden.

Voorbeeld: HAVO 2024-1 vraag 5 (of VWO 2024-2 vraag 3)

"Enkele eisen zijn:

1. Het rendement voor water koken moet hoger zijn dan 40%.
2. De brander moet een elektrische spanning kunnen opwekken van 5,0 V voor het opladen van een telefoon.
3. Er moet zichtbaar gemaakt worden of de spanning hoog genoeg is om de telefoon op te laden.
4. De telefoon moet volledig kunnen opladen tijdens het koken van een maaltijd.

Ze bouwen een brander die hout verbrandt en koken daarmee water om de eerste eis te controleren. Om 400 gram water van 10 °C aan de kook te brengen, hebben ze 18 gram hout nodig.

5. Toon met een berekening aan of het ontwerp van de jongens daarmee aan de eerste ontwerp eis voldoet."

Beide vragen hebben betrekking op rendement en in het correctievoorschrift was een scorepunt opgenomen voor 'gebruik van $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$ '. Een vraag uit het veld die vaker werd gesteld, was of het scorepunt wel of niet toegekend kon worden als er een waarde voor energie was ingevuld, maar daarbij E_{nuttig} en E_{in} verwisseld waren. Volgens de oude regel kon dat wel, alhoewel een aantal correctoren dat niet deed omdat het fysisch onjuist was. In beide gevallen is daarom een aanvulling gepubliceerd, waarbij 'gebruik van' is vervangen door 'inzicht dat'. In de geactualiseerde regel is dat ondervangen door de toevoeging 'Als in een formule eenzelfde grootheid meermaals voorkomt ...'

COMPLETEREN

Deze regel stond op de tweede plaats in de vakspecifieke regels en blijft daar staan. Met completeren bedoelen we het correct noteren van een uitkomst. Dat volgt altijd na een bepaling of een berekening. Inmiddels is 'completeren' steeds minder vaak het laatste scorepunt dat te behalen is, wat wel het uitgangspunt was bij de regels zoals die eerder werden gehanteerd.

De oude regel

De oude regel luidde:

Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening/bepaling', wordt niet toegekend als:

- een of meer rekenfouten gemaakt zijn,
- de eenheid van een uitkomst niet of verkeerd vermeld is, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is (In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes),
- antwoordelementen foutief met elkaar gecombineerd zijn,
- een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening/bepaling tot gevolg heeft.

De geactualiseerde regel

De geactualiseerde regel is als volgt geformuleerd:

2. Het scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening/bepaling', wordt niet toegekend als:
 - door een onjuist antwoordelement (waarvoor bij een eerder scorepunt al aftrek heeft plaatsgevonden) de berekening of bepaling substantieel is vereenvoudigd ten opzichte van de correcte uitkomst, of
 - antwoordelementen foutief met elkaar zijn gecombineerd, of
 - één of meer rekenfouten zijn gemaakt, of
 - de eenheid van de uitkomst niet of niet passend bij de grootte is vermeld, tenzij uit het beoordelingsmodel blijkt dat vermelding van de eenheid niet is vereist, of
 - de uitkomst alleen als orde van grootte is genoteerd, tenzij naar de orde van grootte is gevraagd.

Toelichting op de wijzigingen

De geactualiseerde regel wijkt in twee opzichten af van de oude completeerregel:

- Het completeerpunt is niet altijd het laatste scorepunt. Vaak is nog een conclusie nodig, welke dan als laatste scorepunt in het correctievoorschrift is opgenomen. Daarom is het woord 'laatste' komen te vervallen.
- Er is een vijfde specificatie toegevoegd. De reden hiervoor is dat bij vragen waar géén significantie beoordeeld wordt, voorkomen moet worden dat een kandidaat, die alleen een orde van grootte noteert, het completeerpunt krijgt. In dat geval is er sprake van een schatting in plaats van een berekening, tenzij één van de gegevens een orde van grootte is. De nieuwe specificatie geeft de kern weer van wat tot 2025 in de toelichting in bijlage vier van de syllabus was opgenomen. De toelichting impliceert dat het completeerpunt niet verloren gaat wanneer de significantie niet klopt, zolang minimaal één cijfer is gebruikt. Het impliceert ook dat eventuele rekenfouten (waaronder afkappingen bij afronden) in de extra cijfers in een antwoord met meer dan het juiste aantal significante cijfers, de kandidaat niet het completeerpunt kosten.

Regelmatig komt de vraag op wanneer een berekening of bepaling 'substantieel vereenvoudigd' is. Het blijkt lastig om discussie hierover helemaal te ondervangen, en dat wordt dus ook overgelaten aan de professionaliteit van de correctoren. Als richtlijn zou bijvoorbeeld gehanteerd kunnen worden dat het dan gaat om een uitwerking waarvoor minder uitwerk-/denkstappen nodig zijn.

Met betrekking tot het derde element is het goed te vermelden dat foutief rekenkundig afronden valt onder 'rekenfouten'.

Voorbeeld VWO 2024-2, vraag 2

"In het dummyhoofd zit een versnellingsmeter. Tijdens de impact van het hoofd met de grondplaat mag de verticale versnelling van het hoofd nooit groter worden dan de normwaarde van 250 g . Hierin is g de valversnelling. De absorptielaag in een fietshelm kan maximaal 20 mm indeuken. Deze afstand is groot genoeg om ervoor te zorgen dat de gemiddelde versnelling niet groter is dan de normwaarde.

2. Toon dit aan."

Er moet een versnelling berekend worden, die vergeleken moet worden met een referentiewaarde. Voor de berekening is het completeerpunt opgenomen in het correctievoorschrift. Soms ontstaat in dergelijke situaties discussie of de eenheid moet worden vermeld. Het vierde deel van de vakspecifieke regel ondervangt dit. Als de kandidaat de versnelling berekent, maar niet de eenheid $m \cdot s^{-2}$ noteert, wordt het completeerpunt niet toegekend.

SIGNIFICANTIE

Deze regel is volledig herschreven. Sinds een aantal jaren wordt significantie alleen beoordeeld als daar nadrukkelijk naar wordt gevraagd. Vanaf dat moment is de oude vakspecifieke regel drie verdwenen en gaf bijlage vier van de syllabus tot 2025 een toelichting op de beoordeling van significantie. Deze toelichting is nu verwerkt in de geactualiseerde formulering van deze regel. De vakspecifieke regel met betrekking tot significantie is op de derde plaats opgenomen, omdat deze altijd volgt op of samenvalt met het completeren. Het scorepunt voor significantie kan zijn opgenomen bij het completeren of als een apart punt opgenomen zijn, afhankelijk van wat gevraagd wordt.

De oude regels

De oude regels luiden:

- De uitkomst van een berekening/bepaling mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten (regel vervallen per examenjaar 2022).

En

- Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.

De geactualiseerde regels

In de geactualiseerde vakspecifieke regels is de formulering als volgt:

3. Significantie wordt alleen beoordeeld als: (a) gevraagd wordt naar een uitkomst in een gegeven aantal significante cijfers, of de vraag betrekking heeft op een gegeven waarde waarvan de juistheid aangetoond moet worden, of (b) gevraagd wordt naar een uitkomst in het juiste aantal significante cijfers. Significantie wordt als juist beoordeeld indien aan de volgende twee voorwaarden is voldaan:
 - Het aantal significante cijfers in de genoteerde uitkomst past bij de oplosroute die de kandidaat heeft gevolgd en deze oplosroute past bij de gestelde vraag. Bij vraagsoort (b) kan het juiste aantal cijfers dus afwijken van het aantal in het beoordelingsmodel.
 - Bij tussentijds afronden is minimaal het aantal cijfers van de genoteerde uitkomst gebruikt.

Als een tussenantwoord is genoteerd in meer dan het juiste of het gegeven aantal significante cijfers hoeven de extra cijfers niet gecontroleerd te worden op rekenfouten.

Toelichting op de wijzigingen

In de geactualiseerde vakspecifieke regel zijn twee vraagsoorten beschreven waarin significantie wordt beoordeeld.

Bij vraagsoort (a) valt significantie onder dezelfde deelscore als completeren. Dit betreft ook vragen waarin een gegeven waarde moet worden aangetoond, aangezien in dat geval het juiste aantal significante cijfers al gegeven is en dus ook als zodanig moet worden genoteerd. Bij vraagsoort (b) is

er voor significantie een aparte deelscore. Die wordt dus alleen behaald als de kandidaat het antwoord in het juiste aantal significante cijfers noteert.

De regel bevat twee specificaties, waarvan de eerste de strekking van de toelichting in bijlage vier van de syllabus weergeeft. Wanneer een kandidaat bijvoorbeeld kiest voor een (alternatieve) oplosroute die leidt tot een ander aantal significante cijfers, dan moeten die significante cijfers worden opgeschreven. Anders verliest de kandidaat het punt.

De tweede specificatie komt in de plaats van de oude regel over het 'acceptabel tussentijds afronden', die overigens ook al een toelichting in de syllabus nodig had. Afkappen of andere rekenfouten bij tussentijds afronden kosten de kandidaat het completeerpunt, maar niet de deelscore voor significantie zolang aan deze tweede specificatie is voldaan.

Uiteraard dienen bij dit type vragen de tussenantwoorden wel gecontroleerd te worden op (tenminste) het juiste aantal significantie cijfers.

Voorbeeld: VWO 2025-1 vraag 1

"Tijdens de Olympische spelen in 2018 won Suzanne Schulting een gouden medaille op de kilometer shorttrack in een tijd van 1 min 29,80 s.

Volgens de reglementen van de Internationale Schaatsunie heeft een shorttrackbaan een lengte van 111,11 m. Bij de kilometer shorttrack schaatst een schaatser negen ronden.

1. Bereken de gemiddelde snelheid van Schulting tijdens deze race. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers."

In deze vraag wordt naar het juiste aantal significante cijfers gevraagd voor de gemiddelde snelheid die Schulting rijdt op een afstand van 9 maal 111,11 m in een tijd van 1 min en 29,80 s. De totale afstand bedraagt dan 999,99 (5 significante cijfers), en de tijd in seconden $60 + 29,80 = 89,80$ s (4 significante cijfers; 1 min wordt gezien als telwaarde). Hieronder geven we een aantal mogelijke antwoorden:

- A. $v_{\text{gem}} = \frac{999,99}{89,80} = 11,14 \text{ ms}^{-1}$
- B. $v_{\text{gem}} = \frac{1000}{89,80} = 11,14 \text{ ms}^{-1}$
- C. $v_{\text{gem}} = \frac{999,99}{89,8} = 11,14 \text{ ms}^{-1}$
- D. $v_{\text{gem}} = \frac{999,99}{89,8} = 11,1 \text{ ms}^{-1}$
- E. $v_{\text{gem}} = \frac{1000}{89,8} = 11,1 \text{ ms}^{-1}$

In alle gevallen kan het completeerpunt worden toegekend. In situaties D en E wordt het significantiepunt niet toegekend, omdat het aantal significante cijfers niet juist is. Situatie C is contextafhankelijk, maar in principe wordt het significantiepunt niet toegekend omdat de oplosroute niet overeenkomt. Alleen in situaties A en B worden zowel het completeerpunt als ook het significantiepunt toegekend.

TOT SLOT

Deze geactualiseerde regels gelden vanaf examenjaar 2026. In de septembermededeling zijn ze al opgenomen in de vakspecifieke informatie. Bijlage vier in de syllabus is daarmee vanaf examenjaar 2026 komen te vervallen, en ook de 'Veelgestelde vragen' op examenblad.nl zijn aangepast aan de nieuwe situatie. Na de examenperiode in 2026 zullen de geactualiseerde regels worden geëvalueerd.

Het zal duidelijk zijn dat het onmogelijk is alles zo te formuleren dat er geen interpretatieverschillen meer mogelijk zijn. Waar interpretaties nog wel verschillen rekenen we op de professionaliteit van de docenten in hun functie van eerste en tweede corrector. Binnen de gestelde regels bepalen zij hoeveel punten een kandidaat krijgt. Daarbij is alleen het correctievoorschrift bindend, samen met eventuele aanvullingen, uitgegeven door het CvTE en gepubliceerd op examenblad.nl.

Vaststellingscommissie natuurkunde havo/vwo