

SPA+

Systematische Probleemaanpak voor redeneren

Docentenhandleiding natuurkunde



Redeneren = denken + formuleren

De systematische probleem aanpak plus (SPA+) is een manier voor leerlingen om te leren hoe ze redeneeropgaven in boeken, toetsen en examens kunnen aanpakken. De SPA+ is ontwikkeld voor de natuurwetenschappelijke vakken, maar is waarschijnlijk ook in andere vakken toepasbaar. In deze docentenhandleiding lichten we eerst argumenteren en redeneren in het algemeen toe en introduceren we een eenvoudig argumentatieschema. Daarna leggen we de SPA+ uit en geven we tips hoe de SPA+ in de klas te gebruiken.

Argumenteren en redeneren

Als het gaat om de vakoverstijgende natuurwetenschappelijke vaardigheid 'waarderen en oordelen' (eindterm A9) wordt vaak het begrip *argumenteren* gebruikt. Als het gaat om vakspecifieke vormen van redeneren, zoals het redeneren met natuurkundige verbanden, wordt meestal het woord *redeneren* gebruikt. We kiezen er daarom voor om het woord *argumenteren* te gebruiken als het gaat om argumenteren en redeneren in het algemeen en sluiten hierbij aan bij het vak Nederlands. We gebruiken het woord *redeneren*, als het gaat om vakspecifieke vormen waarbij vakspecifieke kennis en vakspecifieke denk- en werkwijzen noodzakelijk zijn.

Als er in (examen)opgaven een redenering verwacht wordt, worden vaak werkwoorden als uitleggen, verklaren en (be)redeneren gebruikt.

Argumenteren in het schoolvak Nederlands

Argumentatieve vaardigheden vormen een belangrijk onderdeel van het vak Nederlands. Domein D van de examenprogramma's voor havo en vwo beschrijft dat leerlingen in staat zijn om een betoog te analyseren, te beoordelen, zelf op te zetten en te presenteren (schriftelijk en mondeling). Argumentatieve vaardigheden worden zowel in het schoolexamen (schrijfvaardigheid en mondelinge taalvaardigheid) als in het centraal examen Nederlands (leesvaardigheid) getoetst. De begrippen, die leerlingen moeten kennen zijn uitgewerkt in de syllabus behorende bij het examenprogramma Nederlands h/v, zoals typen argumenten, argumentatieschema's en drogredenen. Leerlingen leren verschillende argumentatieschema's die de aard van het verband tussen een standpunt en een argument aangeven:

- oorzaak en gevolg;
- kenmerk of eigenschap;
- voor- en nadelen;
- voorbeelden;
- vergelijking;
- autoriteit.

Vanuit het perspectief van samenhang en doorlopende leerlijnen is het van belang om bij natuurkunde hierbij aan te sluiten. In de bètavakken gaat het bij argumenteren en redeneren om betogen en verklaringen/redeneringen. Bij Nederlands worden deze teksttypen respectievelijk betogende teksten (betogen) en uiteenzettende teksten (uiteenzettingen) genoemd. Voor (vakspecifiek) redeneren bij natuurkunde zijn vooral 'argumentatie op basis van oorzaak en gevolg' en 'argumenteren op basis van kenmerken en eigenschappen' relevant.

Voor de SPA+ maken we gebruik van het argumentatieschema van Stephen Toulmin, zij het in een vereenvoudigde versie. Dit schema laat zien hoe op basis van gegevens ('data') een claim (de conclusie van een argumentatie) gerechtvaardigd kan worden. De verbinding tussen gegevens en claim kan uit verschillende componenten bestaan, die we in de vereenvoudigde versie onder één noemer brengen: 'verbinding'. Het geheel noemen we dan een redenering. In Bijlage 1 wordt het oorspronkelijke schema en de vereenvoudiging verder toegelicht.

Het vereenvoudigde schema van een redenering ziet er zo uit:



Categorieën van opgaven

Het versimpelde schema kent drie componenten die in elke redenering aanwezig (moeten) zijn. Op basis van dat uitgangspunt zijn categorieën van opgaven te onderscheiden. Want in een opgave waarin een redenering gevraagd wordt, kunnen sommige van deze componenten gegeven zijn en de andere gevraagd worden. Theoretisch zijn dat acht varianten, ingedeeld in drie categorieën, die elk met een vraag te typeren zijn.

C. We zoeken de CONCLUSIE, weer te geven met de vraag: Waar leidt dit toe?		
	C1 alleen de CONCLUSIE	(DATA en VERBINDING gegeven)
	C2 in combinatie met de VERBINDING	(DATA gegeven)
	C3 in combinatie met de DATA	(VERBINDING gegeven)
D. We zoeken de DATA, weer te geven met de vraag: Waarop is dit gebaseerd?		
	D1 alleen de DATA	(VERBINDING en CONCLUSIE gegeven)
	D2 in combinatie met de VERBINDING	(CONCLUSIE gegeven)
V. We zoeken de VERBINDING, weer te geven met de vraag: Hoe komen we erbij?		
	V1 alleen de VERBINDING	(DATA en CONCLUSIE gegeven)
	V2 in combinatie met zowel DATA als CONCLUSIE, er wordt een complete redenering gezocht	
	V3 er wordt gevraagd naar de geldigheid van een geheel gegeven redenering	

Bij natuurkunde komen alle typen voor, al is het niet in gelijke mate. Veel vragen zijn van het type C (vooral C2) of V (vooral V1). In Bijlage 2 zijn voorbeelden van verschillende types opgenomen.

De Systematische Probleem Aanpak plus (SPA+)

Het argumentatieschema en de drie categorieën opgaven vormen de basis voor de systematische aanpak van opgaven waar een redenering (uitleg, verklaring) gevraagd wordt, de SPA+.

De aanpak bestaat uit zes stappen die systematisch gevolgd worden:

- Stap 1: De vraag en informatie
- Stap 2: Wat wordt er gevraagd?
- Stap 3: Wat is er gegeven?
- Stap 4: Ingrediënten en denkstappen van de redenering
- Stap 5: De volledige redenering formuleren
- Stap 6: Controleren

Het leerlingmateriaal legt kort het schema van een redenering uit aan de hand van een voorbeeldopgave van het type V1. Daarna volgt een uitleg hoe je met de zes stappen van de SPA+ deze opgave kunt oplossen.

De zes stappen zijn bij elkaar gezet in een schema op één bladzij. Dat houdt natuurlijk het risico in voor ruimtegebrek, maar het komt de overzichtelijkheid ten goede.

Vervolgens worden er twee oefenopgaven gegeven om de aanpak mee te oefenen. De uitwerking van de oefenopgaven uit het leerlingmateriaal (opgenomen in Bijlage 2) zijn ook in de vorm van een ingevuld schema gegoten, zodat leerlingen kunnen zien wat de bedoeling is.

Op de volgende bladzijden is het SPA-schema afgebeeld, samen met een toelichting bij elke stap met daarbij tips voor de introductie in de klas.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder.
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?) DATA VERBINDING CONCLUSIE
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'.
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is.

Stap 1: De vraag en informatie

Het aanpakken van een opgave begint natuurlijk met het goed lezen van de informatie die gegeven is. Stap 1 expliciteert dit en vraagt de leerlingen de vraag in de opgave over te nemen. Dit lijkt wellicht overbodig (de vraag staat immers ook al in de opgave), maar de praktijk leert dat deze focus zinvol is.

Stap 2: Wat wordt er gevraagd?

Hier wordt bedoeld op de onderdelen van de redenering: wordt er een conclusie gezocht, data en/of een verbinding? In deze stap en de volgende is het van belang het verschil tussen 'gegevens' en 'data' expliciet te maken: het kan zijn dat in een opgave de conclusie van de redenering gegeven is, terwijl de data gevraagd worden. Leerlingen zijn dan toch vaak geneigd bij 'DATA' de gegeven conclusie op te schrijven.

Stap 3: Wat is er gegeven?

Wat er gegeven is, is meestal het complement van wat er gevraagd wordt. Maar soms blijft een onderdeel van een redenering impliciet, d.w.z. wordt het niet gegeven en ook niet gevraagd. Ook dan is het zinvol dat deel te expliciteren, ondanks dat er niet naar gevraagd wordt in de opgave.

Soms zijn alle delen van de redenering gegeven en wordt er naar de geldigheid ervan gevraagd (type V3). En soms is geen van de delen gegeven en wordt een complete redenering gevraagd (V2). De uitvoering van deze stap bestaat uit het opschrijven van de gegeven informatie in de tabel onder stap 4.

Stap 4: Wat is er nog nodig?

Wat is er nodig om de redenering compleet te maken? Hier wordt een beroep gedaan op vakkennis, dus op bepaalde data of juist op verbanden en principes. Deze stap kent twee deelstappen.

Eerst zoeken leerlingen naar *ingrediënten*. Dat kan bijvoorbeeld een 'subvakgebied' zijn (mechanica, ecologie, koolstofchemie), een begrip (arbeid, replicatie, redox) of een formule zijn.

Daarna is het meestal nodig een aantal *denkstappen* te zetten, waarbij het belangrijk is om vooral kleine denkstappen te maken en elk stapje te expliciteren. Dit is zowel van belang voor slimme leerlingen die vaak stappen overslaan (impliciet laten) en daardoor onvolledige redeneringen opschrijven, als voor leerlingen die niet weten welke kant ze op moeten denken. Het is ook van belang de denkstappen in logische volgorde te zetten.

Ingrediënten en denkstappen kunnen in de tabel gezet worden, al dan niet na eerst op een kladblaadje genoteerd te zijn. Het is handig als ze in logische volgorde staan, maar voor de overgang naar stap 5 is dat niet per se noodzakelijk.

Stap 5: De redenering zorgvuldig formuleren

Nu komt het aan op het goed formuleren van de redenering. Dat blijkt niet voor iedereen een eenvoudige opgave te zijn. De denkstappen van stap 4 vormen de basis voor het antwoord, maar er zijn altijd verschillende manieren om een redenering goed op te schrijven. Het meest voor de hand liggend is om de redenering op te schrijven in de logische volgorde van DATA, via VERBINDING naar CONCLUSIE. Andersom kan vaak ook, maar is meestal ingewikkelder. Dus ook de delen die in de opgave al gegeven zijn, worden opgeschreven. Het is zinvol leerlingen daarop te attenderen.

Een redenering bestaat vaak uit een reeks van oorzaken en gevolgen. Het is goed dat te expliciteren door gebruik te maken van formuleringen als: 'Het gevolg hiervan is', 'Daarna', 'Daardoor', 'Dit veroorzaakt ...', 'Dit leidt tot ...'.

Een opgave kan ook vragen om meerdere oorzaken van een verschijnsel, of om meerdere gevolgen van een gebeurtenis. Dan is het verstandig ook de opsomming expliciet te benoemen: 'Een oorzaak is ...; een andere / een tweede' Door zo zorgvuldig en expliciet te formuleren, voorkom je eerder dat je noodzakelijke stappen overslaat en punten mist.

Stap 6: Controleren

Uiteraard hoort er aan het eind een controle plaats te vinden. Niets vergeten, alle delen van de redenering opgeschreven? In de goede vorm met de juiste eenheid en nauwkeurigheid? En natuurlijk: geeft de redenering het antwoord op de vraag?

Oefening baart kunst

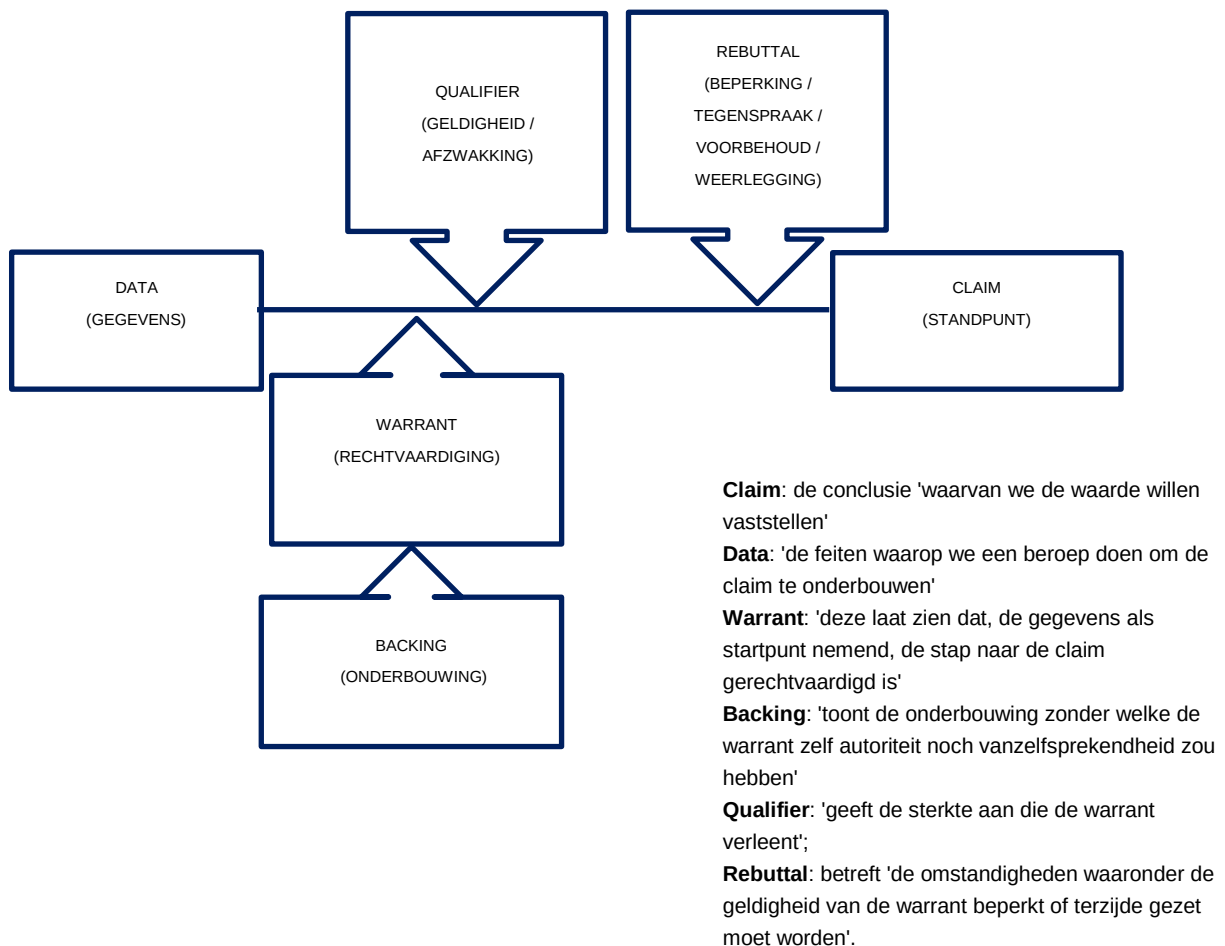
De SPA+ is bedoeld om te leren hoe redeneringen in elkaar zitten en hoe je een opgave systematisch kunt aanpakken. Als leerlingen dit in de vingers hebben, zullen ze minder een beroep hoeven doen op het schema van de SPA+. Het is dan ook niet de bedoeling van de makers dat leerlingen de SPA+ altijd en overal gebruiken bij redeneeropgaven. Bij ingewikkelde opgaven met veel tussenstappen kunnen leerlingen er weer op teruggrijpen.

Het is verstandig dit zorgvuldig formuleren zo nu en dan (elk jaar een paar keer?) samen in de klas met de leerlingen te doen, uitgaande van een eerder gegeven antwoord dat goede elementen heeft, maar duidelijk niet goed is. Leerlingen krijgen zo een duidelijk beeld wat er wordt gevraagd – vakmatig op niveau scherp formuleren – en ze ervaren hoe ze zelf een redeneringen in volledige zinnen kunnen opschrijven.

BIJLAGE 1 - Het argumentatieschema van Toulmin

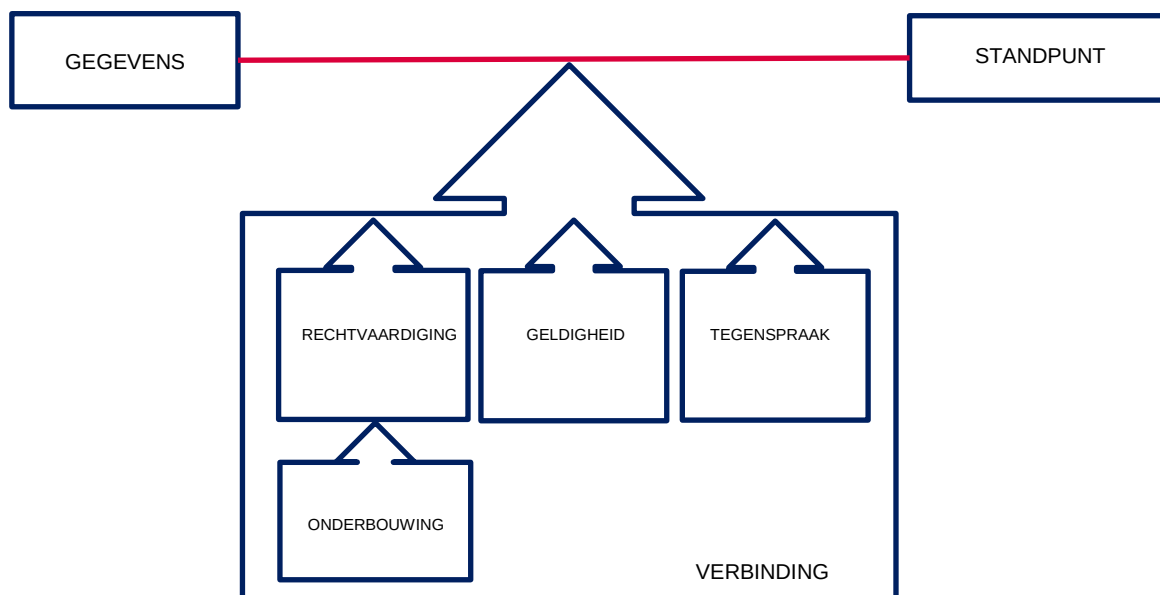
Een argumentatieschema dat in de SPA+ gebruikt wordt, is afgeleid van dat van Stephen Toulmin¹, die het met het oog op de rechtspraak ontwikkelde. Het schema van Toulmin wordt echter veel breder toegepast, ook op het gebied van de natuurwetenschappen. Hieronder lichten we kort toe hoe het schema van de SPA+ van dat van Toulmin is afgeleid.

Het oorspronkelijke argumentatieschema van Toulmin ziet er als volgt uit. In Nederlandse versies worden soms verschillende vertalingen van de Engelse termen gebruikt, die staan er tussen haakjes bij.



Het complete schema van Toulmin lijkt te ingewikkeld om in de bovenbouw van havo en vwo te gebruiken, daarom versimpelen we het door alles tussen GEGEVENS en STANDPUNT samen te nemen onder de naam VERBINDING.

¹ S. Toulmin (1958). *The uses of argument*. Cambridge: University Press



Tevens houden we voor de GEGEVENS de Engelse term DATA aan om verwarring te voorkomen met de 'gegevens' uit een opgave.² en het STANDPUNT noemen we CONCLUSIE (om de suggestie te vermijden dat het om een mening gaat).

Het versimpelde schema van een redenering ziet er dan zo uit:



² Die verwarring blijkt desalniettemin toch vaak op te treden: het kan zijn dat in een opgave de conclusie van de redenering gegeven is, terwijl de data gevraagd worden. Leerlingen zijn dan toch vaak geneigd bij 'DATA' de gegeven conclusie op te schrijven.

BIJLAGE 2 - Voorbeelden van verschillende vraagtypen

De oefenopgaven uit het leerlingboekje zijn hierin opgenomen als voorbeeld 4 (blz. 14) en 9 (blz.22).

Categorie C WAAR LEIDT DIT TOE?

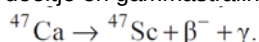
C2 We zoeken de CONCLUSIE in combinatie met de VERBINDING

Voorbeeld 1: CE vwo 2016-I, vraag 24

De opgave start met een inleiding.

In deze opgave bekijken we een patiënt waarbij de botten in de benen worden onderzocht. Hierbij gebruikt men calcium omdat dit gemakkelijk door het lichaam opgenomen en getransporteerd wordt naar de botten.

De patiënt krijgt een hoeveelheid van de instabiele isotoop calcium-47 toegediend, die bij verval een bèta-min-deeltje en gammastraling uitzendt:



De gammastraling kan buiten het lichaam gedetecteerd worden. De arts kan zo zien of er met de botten iets bijzonders aan de hand is.

(vraag 21-23 met info weggelaten)

Een nadeel van deze onderzoeksmethode is de stralingsbelasting van het bot. Deze ontstaat voornamelijk door absorptie van bèta-min-deeltjes.

Deze zijn niet alleen afkomstig van calcium-47 maar ook van scandium-47 (dat ontstaat bij het verval van calcium-47).

Figuur 2 toont het verloop van de gezamenlijke activiteit van beide isotopen in het bot van het bovenbeen.

figuur 2



3p 24 Beredeneer aan de hand van het verloop van figuur 2 of de halveringstijd van scandium-47 groter of kleiner is dan de halveringstijd van calcium-47.

Correctievoorschrift

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Scandium-47 kan pas vervallen nadat het ontstaan is uit calcium-47.

De activiteit neemt toe (de 'bobbels' in de grafiek). Dit betekent dat (na het verval van calcium-47) de ontstane scandium-47-deeltjes sneller vervallen.

De halveringstijd van scandium-47 is dus kleiner dan die van calcium-47.

- inzicht dat scandium-47 pas vervalt nadat het ontstaan is uit calcium-47 1
- inzicht dat de stijging van de activiteit betekent dat scandium-47 sneller vervalt dan calcium-47 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Aan een fysisch juiste redenering uitgaande van het minstens tweemaal bepalen van een 'halveringstijd' in figuur 2, kunnen scorepunten worden toegekend.

Indien minder dan twee halveringstijden zijn bepaald, geen scorepunten toekennen.

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>Is de halveringstijd van Scandium-47 groter of kleiner dan die van calcium-47?</i>
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)  type: C
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
- reactievergelijking van $\text{Ca} \rightarrow \text{Sc}$ is gegeven - Sc is ook radioactief - figuur 2: activiteit als functie van de tijd gegeven	- Sc ontstaat pas nádat Ca is vervallen - uit figuur 2: de activiteit neemt eerst toe (er is dan nog weinig Sc) - dan vervalt Sc sneller	Sc heeft een kortere halveringstijd dan Ca

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Dat de activiteit eerst toeneemt (zie figuur 2) wijst erop dat het net gevormde Sc sneller vervalt dan het C dan het aanwezige Ca..</i> <i>Sneller vervallen betekent dan een kleinere halveringstijd. voor scandium.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>Ja er is antwoord gegeven op de vraag.</i>

Voorbeeld 2: CE havo 2016-I, vraag 1

In de eerste helft van de vorige eeuw was het gebruikelijk om bij sommige aandoeningen een behandeling met radioactief radium-226 te ondergaan. Een patiënt moest dan een warm bad nemen waarin radiumzout aan het badwater was toegevoegd. Zie figuur 1.

figuur 1



Volgens sommige artsen uit die tijd kon de straling die bij het verval van radium vrijkwam door de huid van de patiënt heen gaan.

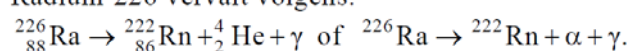
3p 1 Leg met behulp van de vervalreactie van radium-226 uit of die artsen gelijk hadden.

Correctievoorschrift

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Radium-226 verval volgens:



Bij dit vervalproces komt een α -deeltje vrij en γ -straling. Het α -deeltje komt niet door de huid heen, de γ -straling kan wel door de huid heengaan.

- Rn als vervalproduct en het aantal nucleonen links en rechts gelijk 1
- α -deeltje en γ -foton rechts van de pijl 1
- consequente conclusie over het gelijk van de artsen 1

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

Voorbeeld 3: CE havo 2016-I vraag 5

Bij plaatselijke klachten was het ook mogelijk om een figuur 3 kompres met radium-226 op de pijnlijke plek te leggen. Zie figuur 3.

In 2006 werd een container onderschept waarin een radiumkompres uit 1951 zat. Bij de productie in 1951 had dit kompres een activiteit van 7,4 MBq.

2p 5 Leg uit of de activiteit van het radium in dit kompres in 2006 veel groter, bijna even groot of veel kleiner was dan 7,4 MBq.

figuur 3



Correctievoorschrift

5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De halveringstijd van radium-226 is $1,60 \cdot 10^3$ jaar. Tussen 2006 en 1951 ligt 55 jaar. In die tijd is de activiteit van het kompres nauwelijks afgenomen zodat de activiteit in 2006 bijna even groot was als in 1951.

- inzicht dat de verstreken tijd (relatief) kort is ten opzichte van de halveringstijd van radium-226 1
- consequente conclusie 1

De uitwerking in SPA+ staat op de bladzijde 13.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>Volgens sommige artsen kan de straling die bij het verval van radium vrijkomt door de huid van de patiënt gaan. Leg uit of de artsen gelijk hadden.</i>
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)  type: C
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
- Radium-226 vervalt - alfastraling kan niet door de huid - bètastraling en gammastraling kunnen wel door de huid	${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He} + \gamma$ er komt dus alfa- en gammastraling vrij	<i>alfastraling gaat niet door de huid, gammastraling wel: de artsen hebben gelijk</i>

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Als Radium-226 vervalt gaat dat volgens de reactievergelijking:</i> ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He} + \gamma$ <i>Er ontstaat dus alfa- en gammastraling. Alfastraling gaat niet door de huid, gammastraling wel. Dus de artsen hebben gelijk als zij zeggen dat er straling door de huid kan gaan.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>Ja, er is antwoord op de vraag of de straling door de huid kan gaan.</i>

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>Is de activiteit van het kompres in 2006 veel groter, bijna even groot of veel kleiner dan de activiteit in 1951?</i>
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)  type: C
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
• het gaat over Radium-226 • het gaat over halveringstijd: die van Ra-226 is $1,6 \cdot 10^3$ jaar (BINAS)	• we kijken naar 2006 en vergelijken dat met 1951: dat is een verschil van 55 jaar • vergelijk deze 55 jaar met de halveringstijd van Ra-226	Dus is de activiteit in 2006 bijna even groot als in 1951.

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Het tijdsverschil tussen 1951 en 2006 is véél korter dan de halveringstijd $1,6 \cdot 10^3$ jaar. Dus is de activiteit in 2006 bijna even groot als in 1951.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>De vraag was om de activiteit in 2006 te vergelijken met die in 1951. En dat is gebeurd.</i>

D2 We zoeken de DATA in combinatie met de VERBINDING

Voorbeeld 4: Een bewerking van een opgave uit: Natuurkunde is leuker als je denkt (2012, Noordhoff, Groningen).

Ballon in auto

Een ballon met heliumgas hangt tegen het dak van de auto. Plotseling remt de auto sterk. De ballon schiet dan naar achter. Leg uit dat de ballon naar achter beweegt.

Antwoord/denkstappen

De dichtheid van heliumgas is kleiner dan die van lucht omdat de ballon tegen het dak hangt.

De ballon heeft dus minder massa dan evenveel cm^3 lucht.

De lucht heeft een grotere traagheid dan het heliumgas. Als de auto remt, zal de lucht de ballon dan naar achter duwen.

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

Voorbeeld 5: Een bewerking van een opgave uit: Natuurkunde is leuker als je denkt (2012, Noordhoff, Groningen).

Hoe stroomt het water?

Je staat op enkele meters hoogte met een met water gevulde petfles in je hand. De fles is aan de bovenkant open. Onderaan de zijkant zit een gat, dat je met je vinger afsluit. Als je je vinger weghaalt, verlaat het water de fles in een boogje naar beneden. Je houdt nu de fles tussen duim en wijsvinger vast. Je duim houdt daarbij het gaatje dicht. Je laat de fles rechtop vallen. Dus alles valt én het gaatje is niet meer afgesloten. Tijdens de val komt er geen water uit het gat. Leg uit waarom er tijdens de val geen water uit het gat stroomt.

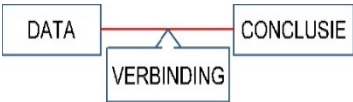
Antwoord/denkstappen

Als de fles wordt vastgehouden stroomt er water uit het gat vanwege de waterdruk.

Als de fles valt, valt het water even snel als de fles: het water is gewichtloos.

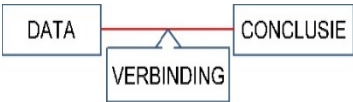
Als er geen waterdruk is onderin de fles, stroomt het water niet uit de fles.

De uitwerking in SPA+ staat op bladzijde 15.

slo SPA+ voor redeneervragen		Dit is opgave: <i>Ballon in auto</i>	
stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>Leg uit dat een heliumballon in een auto naar achter beweegt als de auto afremt</i>		
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)		type: D
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.		
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.		

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
• een heliumballon gaat omhoog in lucht • als je remt, kijk dan naar de traagheid: hoe meer massa, hoe trager • dichtheid is de hoeveelheid massa per volume-eenheid	• de dichtheid van lucht is groter dan die van helium • dan beweegt de lucht naar voren als je remt, de lucht duwt de helium dus naar achter	<i>de ballon beweegt naar achter als je remt</i>

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Omdat helium een kleinere dichtheid heeft dan lucht, zal 1 cm³ lucht zwaarder zijn dan 1 cm³ helium. Als je remt zal een zwaarder 'voorwerp' zich meer verzetten tegen een verandering van snelheid. Lucht verzet zich dus méér en zal naar voren bewegen. Helium zal dus naar achter bewegen: de ballon gaat naar achter.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>De vraag was: waarom gaat de ballon naar achter. Deze vraag is beantwoord.</i>

slo SPA+ voor redeneervragen		Dit is opgave: <i>Hoe stroomt het water?</i>	
stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>In een fles met water zit vlakbij de bodem een gat. Als we de fles laten vallen, stroomt er tijdens de val geen water uit.</i> <i>Leg uit waarom er dan geen water uitstroomt.</i>		
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)		type: D
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.		
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.		

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
• uit een gat bij de bodem van een fles met water stroomt water • als je een 'vrije val' uitvoert, ben je gewichtloos	• als de fles valt, valt het water met dezelfde versnelling • het water is gewichtloos, dus geen druk onderin de fles	<i>tijdens de val geen druk, dus stroomt er geen water uit de fles</i>

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Tijdens de val valt het water in de fles met dezelfde versnelling als de fles. Dan oefent het water geen kracht uit op de bodem van de fles.</i> <i>Dus is er geen waterdruk.</i> <i>Als er geen waterdruk is, stroomt het water niet uit de fles.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>Er wordt gevraagd waarom er geen water uit een gat bij de bodem van een met water gevulde fles stroomt als je de fles laat vallen. Daar is antwoord op gegeven.</i>

Voorbeeld 6: Een bewerking van een opgave uit: Natuurkunde is leuker als je denkt (2012, Noordhoff, Groningen).

Katrol en touw

Een katrol kan met verwaarloosbare weerstand draaien aan een statief. We kijken naar twee situaties:

situatie 1:

Om de katrol is een touw gelegd met een massa van 2,0 kg aan de ene kant en een massa van 6,0 kg aan de andere kant. De massa van 6,0 kg kan vallen over een afstand van 1,0 m en doet daar dan t_1 seconden over.

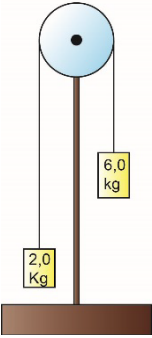
situatie 2:

Dan halen we de massa van 6,0 kg van het touw af en trekken het touw met een constante kracht van 6,0 g Newton omlaag. Het linkerblok gaat dan 1,0 m omhoog. Het voorwerp doet daar dan t_2 seconden over. Dan geldt: $t_1 > t_2$. Leg dat uit.

Antwoord/denkstappen:

In situatie 1 is de zwaartekracht op het rechtersvoorwerp 6,0 g omdat dat voorwerp versneld beweegt, is de spankracht in het touw (omhoog) kleiner dan 6,0 g
In situatie 2 is de spankracht in het touw 6,0 g, dus groter dan in situatie 1
dan zal de versnelling ook groter zijn, dus zal de tijd (om 1,0 m af te leggen) korter zijn
Dus: $t_2 < t_1$

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>situatie 1:</i> Om de katrol is een touw gelegd met een massa van 2,0 kg aan de ene kant en een massa van 6,0 kg aan de andere kant. De massa van 6,0 kg kan vallen over een afstand van 1,0 m en doet daar dan t_1 seconden over. <i>situatie 2:</i> Dan halen we de massa van 6,0 kg van het touw af en trekken het touw met een constante kracht van 6,0 g Newton omlaag. Het linkerblok gaat dan 1,0 m omhoog. Het voorwerp doet daar dan t_2 seconden over. Dan geldt: $t_1 > t_2$. Leg dat uit.	
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?) DATA VERBINDING CONCLUSIE	type: D
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.	
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.	
DATA - In situatie 1 bewegen twee voorwerpen - in situatie 2 is de spankracht 6,0.g	VERBINDING - in situatie 1 is de spankracht kleiner dan 6,0.g (omdat het rechter voorwerp versneld beweegt) - in situatie 2 is de spankracht dus groter	CONCLUSIE In situatie 1 is de spankracht kleiner dan 6,0.g. De spankracht in situatie 2 is 6,0.g. Als de kracht kleiner is, is de versnelling kleiner. Dan zal de tijd om 1,0 meter af te leggen in situatie 1 langer zijn dan in situatie 2.
stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. De spankracht in situatie 2 is 6,0.g. In situatie 1 is de spankracht kleiner dan 6,0.g. Als de kracht kleiner is, is de versnelling kleiner. Dan zal de tijd om 1,0 meter af te leggen in situatie 1 langer zijn dan in situatie 2.	
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. Er werd gevraagd om te beredeneren dat de tijd om 1,0 m af te leggen in situatie 1 langer is. Dat is hierboven gedaan.	

V1 We zoeken alleen de VERBINDING

Voorbeeld 7: CE vwo 2016-I, vraag 20

In de quantumfysica is het uitgesloten dat het waterstofatoom in het molecuul HI helemaal stilstaat.

2p 20 Leg dit uit met behulp van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

Correctievoorschrift

20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als het H-atoom stil zou staan, zou dat betekenen: $\Delta p = 0$ en $\Delta x = 0$.

In dat geval zou $\Delta x \Delta p = 0$, wat in strijd is met de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

- inzicht dat ‘stilstaan’ betekent dat $\Delta p = \Delta x = 0$ 1
- gebruik van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg en conclusie 1

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

Voorbeeld 8: Een bewerking van een opgave uit: Natuurkunde is leuker als je denkt (2012, Noordhoff, Groningen).

Een vallend voorwerp

We laten een voorwerp vallen van een hoge toren. Het snelheid-tijd diagram zie je hiernaast. Op $t=6,0$ s komt het voorwerp op de grond.

3p Toon aan dat de toren hoger is dan 65 m.

Correctievoorschrift

oppervlakte onder het v-t diagram levert de verplaatsing	1p
oppervlakte afschatten (methode beschrijven)	1p
conclusie	1p

De uitwerking in SPA+ staat op bladzijde 21.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>In de quantumfysica is het uitgesloten dat het waterstofatoom in het molecuul HI helemaal stilstaat.</i> <i>Leg dit uit met behulp van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.</i>
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)  type: V
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg: $\Delta p \cdot \Delta x \geq h/(4\pi)$	- als het atoom stil zou staan, weten we dat $\Delta p = 0$ en dat $\Delta x = 0$. - volgens Heisenberg moet gelden dat $\Delta p \cdot \Delta x \geq h/(4\pi)$, dat is onmogelijk als $\Delta p = 0$ (of $\Delta x = 0$)	het waterstofatoom in het molecuul HI kan niet helemaal stilstaan

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Als het atoom stil zou staan, weten we dat $\Delta p = 0$ (en dat $\Delta x = 0$). Volgens de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg ($\Delta p \cdot \Delta x \geq h/(4\pi)$) is dat onmogelijk. Dus kan het waterstofatoom in HI niet helemaal stilstaan.</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>Ja er is antwoord gegeven op de vraag.</i>

slo SPA+ voor redeneervragen		Dit is opgave: CE vwo 2016-I, vraag 20	
stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. <i>We laten een voorwerp vallen van een hoge toren. Het snelheid-tijd diagram is in de opgave gegeven. Op $t = 6,0$ s komt het voorwerp op de grond. Toon aan dat de toren hoger is dan 65 m.</i>		
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)		type: V
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.		
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.		
DATA <i>de figuur geeft het snelheid-tijd diagram van het vallend voorwerp</i> <i>de oppervlakte onder het diagram levert de verplaatsing op</i>	VERBINDING <i>de oppervlakte als driehoek afgeschat komt op $0,5 \cdot 6 \cdot 23 = 69$ m</i> <i>die oppervlakte is veel te krap en is al meer dan 65 m</i>	CONCLUSIE <i>de afstand die na 6,0 s is afgelegd is meer dan 65 m</i>	
stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Door te kijken naar het oppervlak onder het snelheid-tijd diagram zie je dat deze oppervlakte groter is dan 65 m. Kijk bijvoorbeeld naar de oppervlakte van de driehoek $0,5 \cdot 6 \cdot 23 = 69$ m. Deze oppervlakte is zichtbaar te krap, dus de werkelijke afstand is zeker groter dan 65 m.</i>		
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>De vraag was om aan te tonen dat de afstand die in 6,0 s wordt afgelegd groter is dan 65 m. Dat is hierboven gedaan.</i>		

Voorbeeld 9: CE havo 2016-II, vraag 11

Marloes heeft een cardiogram van de hartslag van haar baby.
Met de hartslag wordt het aantal slagen van het hart per minuut bedoeld.

Het cardiogram is gegeven in figuur 2. Het papier bewoog met een snelheid van 50 mm s^{-1} .

Leg uit hoe Marloes de hartslag van haar baby kan bepalen met behulp van een cardiogram zoals in figuur 2.

figuur 2



Correctievoorschrift

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Marloes moet de tijd tussen twee of meer hartslagen bepalen om de periode T van het hart te bepalen. Op het cardiogram staat een schaal die aangeeft met hoeveel seconde een schaaldeel (of hokje) overeenkomt, zodat ze T kan berekenen.

Daarna moet zij nog berekenen hoeveel slagen er in één minuut plaatsvinden.

- | | |
|--|---|
| • inzicht in het bepalen van de periode van het hart | 1 |
| • noemen van de schaal | 1 |
| • inzicht dat $\text{hartslag} = \frac{60}{T}$ of $60 \cdot f$ | 1 |

De uitwerking in SPA+ staat op de volgende bladzijde.

stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder. Vraag: Marloes heeft een cardiogram van de hartslag van haar baby. Met de hartslag wordt het aantal slagen van het hart per minuut bedoeld. Het cardiogram is gegeven in figuur 2. Het papier bewoog met een snelheid van 50 mm s^{-1}. Leg uit hoe Marloes de hartslag van haar baby kan bepalen met behulp van een cardiogram zoals in figuur 2. figuur 2 
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?) type: V
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.

DATA	VERBINDING	CONCLUSIE
- figuur 2 is een cardiogram - snelheid van het papier is gegeven	- de pieken zijn hartslagen - de afstand van de pieken kan worden omgerekend naar tijd - je berekent dan de tijd tussen twee hartslagen - je kunt dan uitrekenen hoeveel slagen er in 1 minuut plaatsvinden	aantal hartslagen in 60 s is bekend

stap 5 Hoe luidt de complete redenering?	Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'. <i>Je vindt het aantal hartslagen per minuut door na te gaan hoeveel tijd er zit tussen één (of meer) hartslagen. Dat doe je door de afstand tussen twee (of meer) slagen op het cardiogram te meten. Omdat je weet hoe snel het papier loopt (50 mm s^{-1}) kun je berekenen hoeveel tijd er tussen twee slagen zit: Noem dat T. Daarmee bereken je het aantal slagen in 60 s, door $60/T$</i>
stap 6 Antwoord op de vraag?	Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is. <i>Gevraagd wordt hoe je kunt berekenen hoeveel slagen het hart van de baby maakt in 60 s als het cardiogram is gegeven. Die vraag is hierboven beantwoord.</i>