

## 3. Kennisbasis Natuurkunde

### Inleiding

Voor de kennisbasis natuurkunde geldt dat de onderdelen “experimenteel werk” en “contexten”, die bij elk domein genoemd worden, zijn ingevuld met slechts enkele voorbeelden. Het redactieteam wil hiermee alleen benadrukken dat zowel experimenteel werk als toepassingen en contexten belangrijk zijn. De keuze voor specifieke experimenten en contexten kan veel breder zijn dan wat in de kennisbasis is omschreven.

In domein 10 (Toegepaste natuurkunde) worden enkele onderwerpen genoemd die ook als contexten van andere domeinen kunnen dienen (bijv. weerkunde bij warmte en gassen). Volgens de redactiecommissie zijn deze onderwerpen dermate van belang dat het goed is om Toegepaste natuurkunde als apart domein te handhaven. Wel moet duidelijk zijn dat de genoemde onderwerpen slechts keuzen zijn en dat er andere geschikte onderwerpen denkbaar zijn (bijv. geofysica).


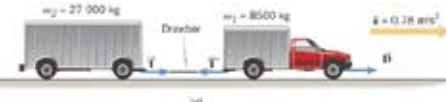
<b>Domein 1. Krachten en bewegingen</b>	<b>43</b>
1. Bewegingen	43
2. Krachten	44
3. Grootheden en behoudswetten	44
4. Experimenteel werk	44
5. Contexten	44
<b>Domein 2. Vloeistoffen</b>	<b>45</b>
1. Vloeistof in rust	45
2. Vloeistof in beweging	45
3. Experimenteel werk	45
4. Contexten	45
<b>Domein 3. Warmte</b>	<b>46</b>
1. Temperatuur	46
2. Warmte	46
3. Faseovergangen	46
4. Warmtetransport	46
5. Gastheorie	46
6. Thermodynamica	47
7. Experimenteel werk	47
8. Contexten	47
<b>Domein 4. Golven en geluid</b>	<b>47</b>
6. Thermodynamica	47
2. Geluid	47
3. Experimenteel werk	47
4. Contexten	47
<b>Domein 5. Elektriciteit en magnetisme</b>	<b>48</b>
1. Lading	48
2. Elektrisch veld	48
3. Elektrische potentiaal	49
4. Elektrische stroom	49
5. Magnetisch veld	50
6. Inductie en wisselstroom	51
7. Elektromagnetische golven	52
8. Elektronica	52
9. Experimenteel werk	52
10. Contexten	52

<b>Domein 6. Licht</b>	<b>53</b>
1. Reflectie	53
2. Breking	53
3. lenzen	53
4. Zien	53
5. Licht als golfverschijnsel	53
6. Experimenteel werk	53
7. Contexten	53
<b>Domein 7. Fundamentele Natuurkunde</b>	<b>54</b>
1. Relativiteits-theorie	54
2. Kwantum-mechanica	54
3. Experimenteel werk	54
4. Contexten	54
<b>Domein 8. De materie</b>	<b>55</b>
1. Atoomfysica	55
2. Kernfysica	55
3. Elementaire deeltjesfysica	55
4. Vaste stoffysica	55
5. Experimenteel werk	55
6. Contexten	55
<b>Domein 9. Het universum</b>	<b>56</b>
1. Zonnestelsel	56
2. Sterren	56
3. Kosmologie	56
<b>Domein 10. Toegepaste Natuurkunde</b>	<b>57</b>
1. Hoe dingen werken	57
2. Natuurkunde van het vrije veld	57
3. Weerkunde	58
4. Biofysica	58
<b>Domein 11. Fysische informatica</b>	<b>59</b>
1. Informatie-verwerking	59
2. Digitale elektronica	59
3. Programmeren	60
4. Dynamische modellen	60
5. Experimenteel werk	60
6. Contexten	60

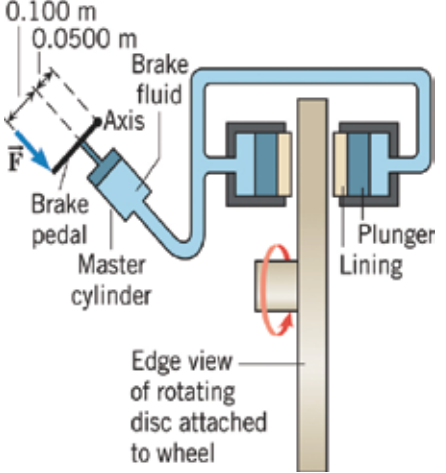
<b>Domein 12. Scheikunde</b>	<b>61</b>
1. Basisbegrippen	61
2. Chemische reacties	61
3. Thermochemie	61
4. Elektrochemie	61
5. Organische chemie	61
6. Chemisch practicum	62
7. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties:	62
8. Contexten	62
<b>Domein 13. Wiskunde</b>	<b>62</b>
1. Basisfuncties en -vaardigheden	62
2. Goniometrie	62
3. Functies	62
4. Differentiaal-rekening	62
5. Integraal-rekening	62
<b>Domein 14. Vakverbreding (o.a. in kader van het leergebied mens en natuur)</b>	<b>63</b>
1. Scheikunde	63
2. Techniek	63
3. Biologie en verzorging	63
4. Natuur- en milieueducatie	63
<b>Domein 15. Onderzoek, technisch ontwerp en experimenteel werk</b>	<b>64</b>
1. Informatie	64
2. Instrumenten	64
3. Ontwerpen	64
4. Onderzoeken	64
<b>Domein 16. Historische, filosofische en maatschappelijke aspecten</b>	<b>65</b>
1. Historische aspecten	65
2. Filosofische aspecten	65
3. Maatschappelijke aspecten	65
1	

## Domein 1. Krachten en bewegingen

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Bewegingen	<p>Gemiddelde en momentane snelheden en versnellingen (in 1 en 2 dimensies); hoek- en baansnelheid en versnelling, centripetale versnelling; (harmonische) trilling, kenmerken van een trilling. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties: kogelbanen, satellietbanen, trillingen.</p>	<p>Twee ballen worden verticaal omhoog gegooid; eerst de een en iets later de ander. Is het mogelijk dat beide ballen op HETZELFDE moment DEZELFDE maximale hoogte (hoogste punt) bereiken? Geef een sluitende redenering of berekening.</p>	<p>Bij een tenniswedstrijd is een lob een tactische zet als je tegenstander vlak bij het net staat. Stel je slaat een lobbal met een beginsnelheid van 15 m/s onder een hoek van <math>50^\circ</math> met de horizontaal. Je tegenstander bevindt zich op 10 m afstand. In de hoop de bal nog te halen, begint hij 0,30 s later van je af, richting achterlijn, te bewegen. Als hij de bal wil raken op het moment dat deze zich precies 2,10 meter hoger bevindt dan deze is weggeslagen, wat is dan de minimale gemiddelde snelheid waarmee hij naar zijn achterlijn moet rennen (of lopen)?</p> 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
2. Krachten	Aangrijpingspunt, werklijn; krachten optellen; ontbinden van krachten, massa, 3 wetten van Newton; free-body-diagram, zwaartekracht, algemene gravitatiewet, wet van Hooke, vervormingkrachten, wrijvingskrachten, centripetaalkracht, krachtmoment, koppel, evenwichtsvoorwaarden, gedwongen trilling, resonantie, pseudo-krachten; traagheidsmoment; mathematische slinger, fysische slinger. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties: hellend vlak, gewichtloosheid, hefbomen, overbrengingen.	Je kunt een slee duwen of trekken. Er is sprake van wrijving. Als de hoek $\theta$ met het horizontale vlak in beide gevallen gelijk is, is er dan een verschil in trekkracht of duwkracht? Geef een duidelijke uitleg. 	Een truck trekt een aanhanger over een horizontale weg. De massa van de truck is 8,5 ton en van de aanhanger 27 ton. De versnelling bedraagt $0,78 \text{ m/s}^2$ . Luchtweerstand en wrijving zijn verwaarloosbaar. Bereken zowel de kracht (D) die de truck aandrijft als de (span)kracht (T) in de stang tussen truck en aanhanger. 
3. Grootheden en behoudswetten	Arbeid, kinetische energie (lineair), conservatieve kracht, potentiële energie, behoud van mechanische energie, energie van trilling, vermogen; impuls, stoot, massamiddelpunt, botsingen, impulsbehoud (in 1 en 2 dimensies); kinetische energie (circulair), impulsmoment, behoud van impulsmoment (vaste as), precessie.	Een trapezeacrobaat A staat op een platform en zwaait via een rekstok naar beneden. Op het laagste punt laat hij de rekstok los en valt hij in het vangnet. Trapezeacrobaat B laat zich rechtreeks van hetzelfde platform in het vangnet vallen. Welke acrobaat komt met de hoogste snelheid in het vangnet terecht? Geef een duidelijke uitleg.	Een tol is gemaakt om snel rond zijn as te draaien (tollen). Hij wordt aan het draaien gebracht door aan een touwtje te trekken dat om de tol is gewikkeld. 64 cm van het touwtje is er omheen gewikkeld is en de diameter van de tol is 2 cm. Iemand trekt aan het touw en de tol krijgt daardoor een hoekversnelling van $12 \text{ rad/s}^2$ . Wat is de hoeksnelheid van de tol wanneer het touwtje helemaal is afgewonden?
4. Experimenteel werk	Tijdtikker, stroboscoop, diverse weegschalen, Newtonmeters/veerunsters, momentenarm, momentenschijf, katrollen, luchtkussenbaan, valbewegingen en kogelbanen, bepaling van de wrijvingscoëfficiënt, meten aan (tweedimensionale) botsingen, enz. Analyseren van bewegingen met videometingen en meten met de computer. Maken van simulatiemodellen en mathematische modellen met de computer. Proefjes met veren, houtjes/touwtjes, speelgoed en andere alledaagse producten.		
5. Contexten	Relatie met astronomie, fysiologie, ruimtevaart, bouwkunde, werking gereedschap, vervoer en verkeersveiligheid.		

## Domein 2. Vloeistoffen

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Vloeistof in rust	Drukverdeling, wet van Pascal, opwaartse kracht, wet van Archimedes, oppervlaktespanning, capillariteit.	<p>In een bakje dat drijft in schaal met water zit een ijzeren blokje en een houten blokje.</p> <p>a. Het houten blokje wordt uit het drijvende bakje gehaald en naast het bakje in de schaal met water gelegd. Het blijft drijven. Zal het waterniveau in de schaal stijgen, dalen of gelijk blijven? Leg uit.</p> <p>b. Het ijzeren blokje wordt ook uit het bakje gehaald en in de schaal met water gelegd. Het zinkt naar de bodem. Zal het water niveau in de schaal stijgen, dalen of gelijk blijven (t.o.v. A)?</p>	<p>In de figuur zie je een hydraulisch remsysteem. De kracht <math>F</math> is loodrecht op het rempedaal, dat roteert t.o.v. de aangegeven draaias (axis in de figuur). Het rempedaal oefent een kracht uit op de zuiger in de hoofdcilinder (straal = 9,50 mm). De hoofdcilinder is verbonden met cilinders op de beide remblokjes (straal van elke cilinder = 19 mm). Als kracht <math>F = 9,0</math> N, hoe groot is dan de kracht die elk remblokje uitoefent op de remschijf?</p> 
2. Vloeistof in beweging	Kenmerken van vloeistoffen en stroming, turbulentie, continuïteitsvergelijking, vergelijking van Bernoulli, viscositeit.	Een met topspin geslagen tennisbal daalt achter het net sneller dan een bal die niet spint (roteert). Leg duidelijk uit hoe de bal roteert bij topspin en waarom dit tot gevolg heeft dat de bal sneller daalt.	Een vliegtuig heeft een effectief vleugeloppervlak van $16 \text{ m}^2$ . tijdens een horizontale vlucht bedraagt de luchtsnelheid langs de bovenkant $64 \text{ m/s}$ en langs de onderkant $54 \text{ m/s}$ . Wat is de massa van het vliegtuig?
3. Experimenteel werk	Manometers, windmachine, hydraulica en pneumatiek, bepalen van de viscositeit van een vloeistof. Proefjes met drijvende en ondergedompelde voorwerpen (bijvoorbeeld de wijze van drijven bij balkjes met een vierkante doorsnede van verschillende dichtheden).		
4. Contexten	Relaties met weerkunde, scheepvaart, luchtvaart, fysiologie, geneeskunde, hydraulische techniek.		

## Domein 3. Warmte

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk												
1. Temperatuur	Thermisch evenwicht, O-de-hoofdwet, thermische expansie, gasthermometer, tripelpunt, schalen Celsius en Kelvin, diverse thermometers.	Een glazen kwikthermometer wordt in kokend water gehouden. Leg uit waarom het kwikniveau in eerste instantie even daalt.	In een gasthermometer is de druk $5,00 \times 10^3$ Pa bij een temperatuur van $0^\circ\text{C}$ . De druk wordt isochoor verlaagd tot $2,00 \times 10^3$ Pa. Wat wordt dan de temperatuur van de gasthermometer?												
2. Warmte	Relatie tussen warmte en energie, warmtecapaciteit, soortelijke warmte, calorimeter.	Twee objecten zijn gemaakt van hetzelfde materiaal, maar hebben een verschillende massa en een andere temperatuur. De objecten worden met elkaar in warmtecontact gebracht. Welke van de twee zal de grootste temperatuurverandering ondergaan?	Een ideale calorimeter bestaat uit $0,15$ kg aluminium en bevat $0,20$ kg water. In het begin is de temperatuur van de calorimeter met inhoud $18,0^\circ\text{C}$ . Een massa van $0,040$ kg van een onbekend materiaal wordt verwarmd tot $97,0^\circ\text{C}$ . Vervolgens wordt deze massa in de calorimeter gebracht. Na enige tijd is de eindtemperatuur van de calorimeter met water en de onbekende massa $22,0^\circ\text{C}$ . Bereken de soortelijke warmte van de onbekende massa. Neem hierbij aan dat alleen de calorimeter met water en de onbekende massa warmte uitwisselen.												
3. Faseovergangen	Kenmerken faseovergang (macro- en microscopisch); fasediagram: trippelpunt en kritisch punt; damp, koken, relatieve vochtigheid, dauwpunt, hygrometer; bijzondere eigenschappen van water.	Is het mogelijk dat er op een dinsdagnacht dauw ontstaat en niet op een veel koudere maandagnacht? Gebruik hierbij het begrip dauwpunt.	Neem aan dat in je longen de temperatuur $37^\circ\text{C}$ is en de partiele waterdampspanning $5,5 \times 10^3$ Pa. Bereken de relatieve luchtvochtigheid in je longen.												
4. Warmtetransport	Geleiding, wamtegeleidingscoëfficiënt, stroming, straling, wet van Stefan-Boltzmann.	Wat koelt sneller af, een massieve hete kubus of dezelfde kubus maar nu in twee identieke stukken? Bespreek hierbij alle in aanmerking komende warmtetransportprocessen.	De ster Betelgeuze, een superreus, heeft een oppervlaktetemperatuur van ongeveer $2900$ K en het uitgestraalde vermogen is circa $4 \times 10^{30}$ W. Bereken de straal van deze ster onder de aanname dat Betelgeuze een perfecte zwarte straler is.												
5. Gastheorie	Algemene gaswet, kinetische gastheorie: relatie temperatuur en kinetische energie, snelheidsverdeling; diffusie.	De ionosfeer is het buitenste deel van de aardatmosfeer. De dichtheid is met ongeveer $10^{11}$ moleculen/ $\text{m}^3$ extreem laag. De temperatuur van het geïoniseerde gas in de ionosfeer is $1000$ K. Leg uit of een astronaut daar zal verbranden. Is het zinnig te praten over de temperatuur van 1 molecuul?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Vat A</th> <th>Vat B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Druk [Pa]</td> <td><math>5,0 \times 10^6</math></td> <td><math>2,0 \times 10^6</math></td> </tr> <tr> <td>Temperatuur [K]</td> <td>220</td> <td>580</td> </tr> <tr> <td>Volume [<math>\text{m}^3</math>]</td> <td>2,0</td> <td>5,8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Gegeven zijn twee thermisch geïsoleerde vaten A en B, beide gevuld met neongas. De vaten worden met elkaar verbonden, zodat het neongas gaat mengen en de druk in beide vaten gelijk wordt. Neem aan dat er alleen warmte-uitwisseling is tussen het neongas; de vaten zelf houden hun begintemperatuur. Bereken de eindtemperatuur en de einddruk van het neongas.</p>		Vat A	Vat B	Druk [Pa]	$5,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	Temperatuur [K]	220	580	Volume [ $\text{m}^3$ ]	2,0	5,8
	Vat A	Vat B													
Druk [Pa]	$5,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$													
Temperatuur [K]	220	580													
Volume [ $\text{m}^3$ ]	2,0	5,8													

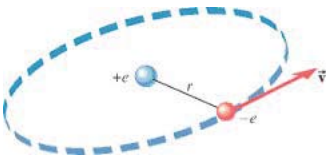
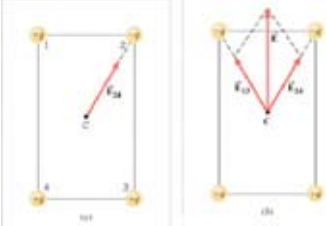
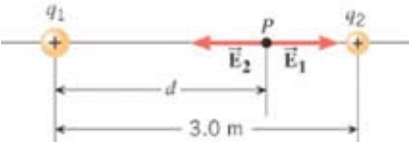


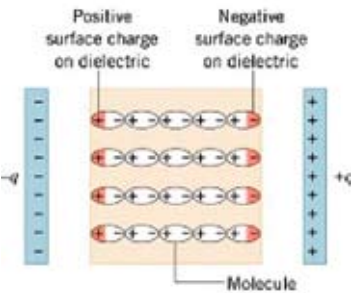
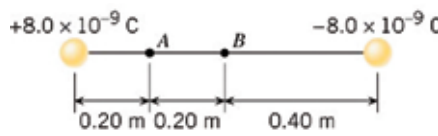
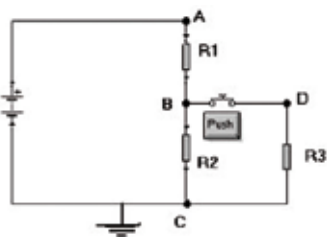
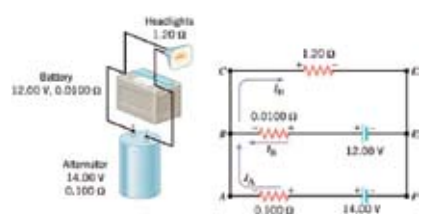
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Thermodynamica	Systeem, omgeving, 1 <sup>e</sup> hoofdwet, inwendige energie; processen: isobaar, isochor, isotherm, adiabatisch, reversibel; PV-diagrammen; inwendige energie en vrijheidsgraden, Cp en Cv voor ideaalgas; warmtemachines, rendement, Carnot-proces; 2e hoofdwet: grenzen aan rendement, entropie, microscopische verklaring.	Is het mogelijk dat de temperatuur van een ideaal gas toeneemt zonder warmtetoever uit de omgeving? Wanneer een ideaal gas warmte opneemt of afstaat, gaat dit dan altijd gepaard met temperatuurveranderingen? Licht je antwoorden toe met een redenering.	Beschouw drie warmtemachines die elk 1650 J aan warmte opnemen uit een warmtereservoir bij een constante temperatuur van 550 K. De drie machines staan ook weer warmte af aan een koudereservoir bij een constante temperatuur van 330 K. Dit gaat als volgt: machine I staat 1120 J af, machine II staat 990 J af en machine III staat 660 J af. Van deze drie machines werkt er een reversibel, de beide anderen werken irreversibel. Eén van de irreversibel werkende machines houdt zich niet aan de tweede wet van de thermodynamica en kan dus niet bestaan.  Welke machine werkt reversibel, welke irreversibel en welke machine kan niet bestaan?
7. Experimenteel werk	Calorimeter. Onderzoek de luchtdruk als functie van de hoogte. Maak een wiskundig model en maak een schatting van de luchtdrukgradiënt. Onderzoek experimenteel de verticale luchtdrukgradiënt. (zelfbouw) thermometers en hygrometers, thermische uitzetting, warmtetransport, koken onder lage en hoge druk, condens- en rijpvorming.		
8. Contexten	Weerkunde, stirlingmotor, koelkast, energiecentrale, perpetuum mobile		

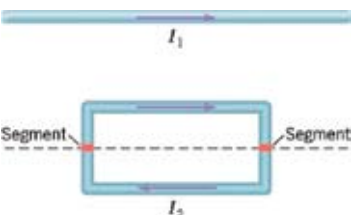
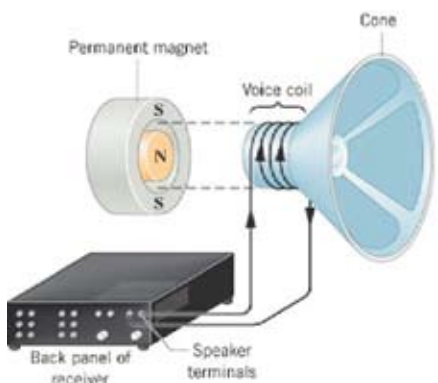
## Domein 4. Golven en geluid

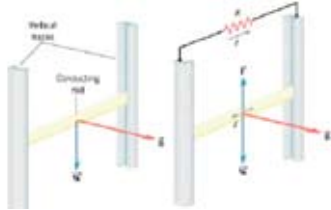
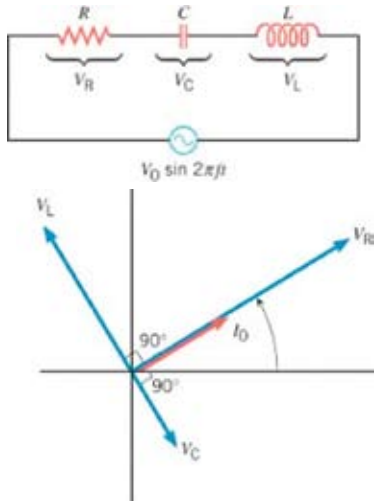
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Thermodynamica	Kenmerken van transversale en longitudinale golven, wiskundige beschrijving; voortplantingssnelheid in gas, vloeistof en vaste stof; dispersie, superpositie, reflectie, breking, buiging, interferentie; lopende en staande golven, watergolven	Een roeiboot drijft op het water. Onder de boot door passeert een golf die wordt veroorzaakt door een passerende motorboot. Beweegt de boot alleen omhoog en omlaag? Licht toe.	Een transversale golf reist door een snaar. De uitwijking $y$ van een deeltje ten opzichte van de evenwichtstand wordt gegeven door $y = (0,021 \text{ m}) \sin(25t - 2,0x)$ . Let op: de fasehoek $(25t - 2,0x)$ is in radialen, $t$ in seconde en $x$ in meter. De lineaire dichtheid van de snaar bedraagt $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}$ . Hoe groot is de spankracht in de snaar?
2. Geluid	Geluidsintensiteit, decibel, klankkleur, zweving, resonantie, dopplereffect, schokgolven; muziekinstrumenten, luidspreker, spectrum, gehoorgevoeligheid, isofonendiagram, lawaai-gevoeligheid, gewogen geluids-niveaus	Een luidspreker produceert een geluidsgolf. Neemt de golflengte van het geluid toe, af, of blijft die gelijk als de golf het water ingaat? Motiveer je antwoord. (Tip: de frequentie verandert niet bij de overgang van lucht naar water).	Een vliegdekschip heft een snelheid van 13,0 m/s ten opzichte van het water. Een vliegtuig wordt weggeschoten vanaf het vliegdek met behulp van een katapult en heeft een snelheid van 67,0 m/s ten opzichte van het water. De motoren produceren een geluid met een frequentie van 1550 Hz, terwijl de geluidssnelheid 343 m/s bedraagt. Welke frequentie hoort de bemanning van het schip?
3. Experimenteel werk	Golfbak, snaren, golfveren, dB-meter, resonerende luchtkolommen, stemvork, geluidssnelheid, geluidstimbre en golfvormen, Fouriersynthese.		
4. Contexten	Relaties met muziek, gezondheid en geluidshinder.		

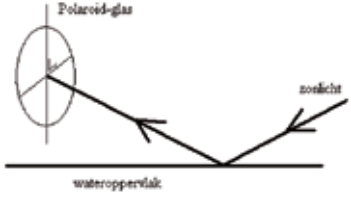
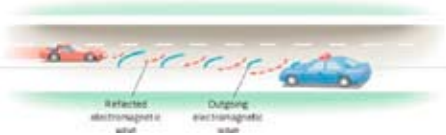
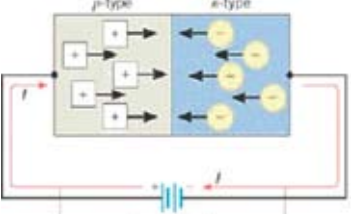
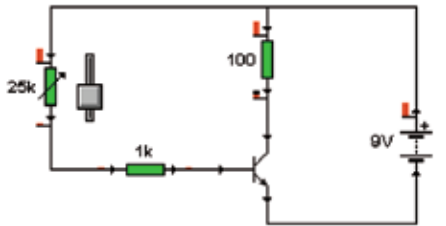
## Domein 5. Elektriciteit en magnetisme

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Lading	Wet van behoud van lading, elektrische geleiding, de elektroscop, inductie of influentie, wet van Coulomb, permittiviteit.	<p>Als een ongeladen elektroscop wordt genaderd door een geladen staaf - zonder dat lading kan overgaan naar de elektroscop - slaan de blaadjes van deze elektroscop uit. Bij verwijdering van de geladen staaf gaan de blaadjes weer slap hangen. Als er wel contact (<math>\rightarrow</math> ladingsoverdracht) was geweest zouden de blaadjes blijven uitstaan en is de elektroscop dus permanent geladen.</p> <p>Bedenk een manier om een elektroscop een permanente lading te geven zonder ladingsoverdracht door een geladen staaf.</p>	<p>In het Bohr model van het waterstofatoom beweegt het elektron in een baan rond een proton, met een baanstraal van <math>5,29 \times 10^{-11}</math> m. Bereken de baansnelheid van het elektron, aangenomen dat het een cirkelbaan is.</p> 
2. Elektrisch veld	Veldlijnen, veld van puntlading(en), dipool; homogeen veld, kracht op lading, koppel op dipool; wet van Gauss, veld van lijn, vlak, bolschil en bol; lading en veld bij geleider, kooi van Faraday .	<p>Hieronder zijn twee situaties weergegeven. Het gaat om puntladingen op de hoekpunten van een rechthoek. De ladingen zijn telkens even groot, maar qua teken zijn er verschillen.</p> <p>Beschouw de elektrische veldsterkte in het centrum van de rechthoeken.</p> <p>In welke situatie is dit veld het sterkst?</p> 	<p>Twee puntladingen (<math>q_1 = +16 \mu\text{C}</math> en <math>q_2 = +4,0 \mu\text{C}</math>) staan in vacuüm op 3,0 meter van elkaar opgesteld.</p> <p>a. Zoek uit waar op de lijn door deze twee punten het netto elektrische veld gelijk aan nul zal zijn.</p>  <p>b. Onderzoek dit opnieuw wanneer de lading van <math>q_1</math> negatief zou zijn en <math>q_2</math> dezelfde blijft.</p>



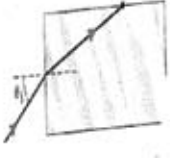
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
3. Elektrische potentiaal	<p>Potentiaalverschil, potentiaal bij puntlading(en), verband potentiaal en veld, equipotentiaalvlakken, evenwichtsladingsverdeling, Van de Graaff-generator, diëlektrische doorslag; condensator: capaciteit, diëlektrische constante, energie elektrisch veld, combinaties van capaciteiten.</p>	 <p>Een ongeladen condensator wordt verbonden met een batterij en laadt vervolgens op. Het contact met de batterij wordt daarna verbroken. Vervolgens wordt er een niet geleidend diëlektrisch materiaal tussen de platen geplaatst. Beredeneer wat er gebeurt met de spanning over de condensatorplaten: stijgt deze, daalt deze of blijft het gelijk?</p>	<p>Hieronder zijn twee puntladingen opgesteld. Er zijn twee locaties aangegeven: A en B. Bereken de spanning tussen A en B.</p> 
4. Elektrische stroom	<p>Stroomsterkte, microscopisch beeld, driftsnelheid; weerstand, wet van Ohm, soortelijke weerstand, supergeleiding, elektrisch vermogen; spanningsbronnen, inwendige weerstand; combinaties van weerstanden, regels van Kirchhoff; stroom-, spanning- en weerstandmeting, brug van Wheatstone; condensator op-/ontladen; huisinstallatie/veiligheid.</p>	 <p>Bekijk de situatie in de schakeling, waar punt B en D nog niet met elkaar verbonden zijn.</p> <p>Door het indrukken van de push-knop worden B en D weerstandsloos verbonden. Bespreek de mogelijke verandering voor de</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. potentialen in D en B en</li> <li>2. de stroomsterktes door R2 en R1.</li> </ol>	<p>Het onderstaande schema beschrijft het elektrische circuit voor de koplampverlichting van een auto.</p> <p>Bereken:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. De stroomsterkte door de koplamp(en).</li> <li>b. Het vermogen dat aan die koplamp(en) wordt geleverd.</li> </ol> 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
5. Magnetisch veld	<p>Polen en veldlijnen, Lorentzkracht, magnetische veldsterkte, kracht op stroomdraad en deeltje, massaspectrometer, koppel op draadraam, stroomdraad, dipool, spoel; definitie van de Ampère, stroombalans, wet van Ampère; magnetisatie, magnetische influentie, magnetische susceptibiliteit, atomaire dipolen. (zie ook 8.4 vaste stoffysica)</p>	<p>Beschouw de onderstaande situatie met een stroomvoerende rechte draad in de buurt van een enkelvoudige stroomvoerende wikkeling.</p>  <p>a. Wordt die wikkeling aangetrokken of afgestoten door de draad? b. Leg uit of het mogelijk is om in deze situatie een netto magnetische veldsterkte van nul te kunnen krijgen in het centrum van de wikkeling. (De stroomsterktes en richtingen van de stromen mogen anders worden gekozen... alleen geen stroomsterkte van nul.)</p>	<p>Hieronder is schematisch de opbouw van een speaker weergegeven. De spoel en de conus vormen een geheel, waarvan het spoelgedeelte zich in de werkende situatie uiteraard in de uitsparing van de permanente magneet bevindt. De spoel en de conus hebben samen een massa van 0,0200 kg. De spoel heeft een diameter van 0,0025 meter en 55 wikkelingen. Het magnetische veld in de uitsparing van de magneet heeft een sterkte van 0,1 Tesla. De stroomsterkte door deze spoel is op zeker moment 2,0 A.</p>  <p>Bereken voor dat moment de grootte van de versnelling die de spoel ondervindt</p>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Inductie en wisselstroom	Magnetische flux, wet van Faraday, wet van Lenz, wervelstromen, elektrische generator; zelfinductie, LR-gelijkstroomcircuit, energie magnetisch veld, transformator; rms-waarden, faseverschil tussen stroom en spanning, vermogensdissipatie, effect van condensator en spoel, fasordiagrammen, impedantie, serie LCR-circuits, resonantie.	<p>Een horizontaal opgestelde koperen staaf kan o.i.v. de gravitatiekracht wrijvingsloos naar beneden glijden tussen gleuven van de vertikaal opgestelde koperen geleiders. Tijdens die beweging is er voortdurend geleidend contact tussen staaf en geleiders en blijft de staaf horizontaal. Naast het gravitatieveld is er een magnetisch veld <math>B</math>. Het enige verschil tussen de weergegeven situaties (fig.a en fig.b) is dat er in fig.b sprake is van een geleidende verbinding aan de bovenkant, waarin ook een weerstand is opgenomen.</p>  <p>Men had in de situatie van fig.a ook een ideale voltmeter kunnen aansluiten op de verticale geleiders.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leg uit dat dit geen verschil had uitgemaakt voor de beweging van de horizontale staaf.</li> <li>Maak duidelijk welke van de verticale geleiders op de + ingang van de voltmeter had moeten worden aangesloten.</li> </ol> <p>Vergelijk nu de situaties in fig.a en fig.b met elkaar m.b.t.:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De versnelling waarmee de staaf omlaag beweegt.</li> <li>De energieomzetting na een daling over dezelfde afstand.</li> </ol>	<p>De spoel van een wisselstroommotor heeft een weerstand van <math>4,1 \text{ Ohm}</math>. De motor(spoel) wordt aangesloten op een spanning met een effectieve (rms-)waarde van <math>120 \text{ Volt}</math>. De motor laat vervolgens een zwaar wiel draaien. Wanneer dit wiel een constante draaisnelheid heeft bereikt, blijkt de motor een effectieve stroomsterkte van <math>0,49 \text{ A}</math> te 'trekken'.</p> <p>Bereken</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De stroomsterkte die de motor trok bij het op gang komen van de draaiing.</li> <li>De inductiespanning die de spoel genereert wanneer de constante draaisnelheid is bereikt.</li> </ol> <p>Een elektrisch circuit wordt aangesloten op een wisselspanning. Men kan nu de spanningen over de verschillende componenten in een vectordiagram weergeven. Hierin worden de faseverschillen tussen deze vectoren zichtbaar. Zie het onderstaande circuit met bijbehorend diagram.</p>  <p>Er zijn de volgende gegevens bekend over de componenten in het circuit: <math>R = 150 \text{ Ohm}</math>, <math>C = 47 \text{ } \mu\text{F}</math>, <math>L = 0,10 \text{ H}</math>, <math>f = 250 \text{ Hz}</math> en de topspanningswaarde van de bron is <math>V_0 = 5,0 \text{ V}</math>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bereken de topwaarde voor de spanningen over <math>R</math>, <math>L</math> en <math>C</math>.</li> <li>Bereken het faseverschil tussen de bronspanning en de stroomsterkte.</li> <li>Bereken de frequentie waarbij het circuit gaat resoneren.</li> </ol>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
7. Elektromagnetische golven	Werking antenne, voortplantings-snelheid, EM-spectrum, energie en intensiteit, dopplereffect; polarisatie, Wet van Malus, polarisatie door reflectie, wet van Brewster, polarisatie door verstrooiing, optische activiteit.	<p>Je hebt een polaroidbril en wilt controleren of het wel echt zonlicht polariseert. Als het dit doet wil je nagaan of dit glas correct in de bril is geplaatst, ofwel de polarisatie-richting vaststellen. Er doorheen kijkend in de richting van een glad en doorzichtig oppervlak, merk je op dat onder een bepaalde hoek de weerspiegeling of schittering van op het oppervlak vallend licht in ieder geval vanuit een bepaalde richting volkomen verdwenen is.</p>  <p>Leid hieruit af welke antwoorden gegeven kunnen worden op de gestelde vraag in de inleiding.</p>	<p>De snelheidsradar van een stilstaande politieauto zendt een elektromagnetische golf (trein) uit met een frequentie van <math>8,0 \times 10^9</math> Hz. Na weerkaatsing tegen een naderende auto meet de apparatuur in de politieauto ten opzichte van de uitgezonden golf een frequentieverhoging van 2100 Hz.</p>  <p>Bereken de snelheid van de auto ten opzichte van de weg.</p>
8. Elektronica	Halfgeleiders, pn-overgang, diode, gelijkrichting, zenderdiode, LED, transistor, IV-karakteristieken, belastingslijn, stroomversterking, schakelen met transistor, IC, NTC, PTC, LDR, zonnecel; filters en condensatoren.	 <p>De stroom in deze PN-diode heeft de in de figuur aangegeven richting.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Is dit de doorlaat- of de spersituatie?</li> <li>Leg uit wat er gebeurt met de ladingconcentraties in het barrièregebied en aan de contactuiteinden.</li> </ol>	 <p>In deze transistorschakeling staat over de CE (Collector - Emitter) een spanning van 4,23 V. Neem verder aan dat de transistor zodanig in geleiding is, dat de Basis ten opzichte van de Emitter in de buurt ligt van 0,7 V.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bereken de stroomversterkingsfactor van deze transistor.</li> <li>Bereken (bij benadering) vanaf welke variabele weerstand deze stroomversterking niet kan zijn wat je in a hebt berekend. <i>We spreken dan van een transistor in verzadiging.</i></li> </ol>
9. Experimenteel werk	Elektromotor, halleffect, multimeter, elektronische schakelingen, magnetische materialen en magnetische veldlijnen, stroombalans, inductiepulsen meten met Coach, effecten van inductiestromen op bewegende magneten, transformatoren.		
10. Contexten	Deeltjesversneller, huisinstallatie, computerapparatuur, milieuvriendelijk vervoer, schone energie, elektronenbuis, aardmagnetisme, zonnevlekken.		

## Domein 6. Licht

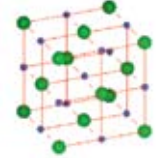
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Reflectie	Rechthoekige voortplanting, bundel, reflectie (spiegelend, diffuus), reflectiewet, gekleurde oppervlakken, additief/subtractief mengen van kleuren; constructiestralen, vergroting en beelden bij vlakke en sferische spiegels.	Soms gebruiken technici bij nieuwsrapportages een speciale microfoonopstelling om zwakke geluiden op te vangen. De tekening toont zo'n opstelling, die bestaat uit een holle schaal achter de microfoon. Deze schaal fungeert als spiegel voor de geluidsgolven. Leg uit hoe deze opstelling het eenvoudiger maakt om zwakke geluidssignalen op te nemen. 	In de tekening zie je een vierkante kamer in bovenaanzicht. Een muur ontbreekt en de andere drie zijn spiegels. Vanuit punt P in de open wand straalt een laser met de bedoeling om een klein doel te raken dat zich midden op een van de muren bevindt. Teken zes richtingen waarin de laser kan stralen en punt P raken. Neem aan dat het licht niet meer dan een keer een spiegel raakt. 
2. Breking	Brekingsindex, brekingswet, totale inwendige reflectie, kritische hoek; dispersie, prisma.	Stel dat je een regenboog wilt maken met behulp van fijne waterdruppeltjes in de lucht uit een tuinslang. a. Waar moet je staan ten opzichte van het water en de zon om de regenboog te kunnen zien? b. Waarom kun je nooit onder de regenboog lopen?	In de tekening (62E) zie je een rechthoekig blok van kwartsglas. Een lichtstraal gaat het blok binnen met een invalshoek van $34^\circ$ en gaat naar punt P. Het blok ligt in een vloeistof met een brekingsindex $n$ . Hoe groot is de maximale waarde van $n$ waarbij in punt P nog totale reflectie optreedt? 
3. lenzen	Eigenschappen van lenzen, constructiestralen, beelden (reëel, virtueel), lenzmakersformule, lenzenformule, lineaire vergroting, het oog, de bril, hoekvergroting, het vergrootglas, fotocamera, lenscombinaties, microscoop, telescoop lensfouten.	Twee lenzen met brandpuntsafstanden van respectievelijk 3,0 en 45 cm worden gebruikt om een telescoop te bouwen. Welke lens moeten we als objectief kiezen en waarom?	Een lenstelscoop heeft een hoekvergroting van $\times 83,0$ . De lengte van de telescoopbuis bedraagt 1,50 m. Bereken de brandpuntsafstanden van objectief en oculair.
4. Zien	Beeldvorming, gezichtsbedrog, kleurenleer, verlichtingstechniek, schaduw; bijziend, verziend, oudziend, accommodatie.	Je staat 2 meter voor een spiegel. Je fotografeert jezelf in de spiegel. Op welke afstand moet je de camera instellen?	
5. Licht als golfverschijnsel	Coherente lichtbronnen, dubbele spleet, dunne lagen, Michelson interferometer; Principe van Huygens; buiging, scheidend vermogen, interferentie, tralie spectroscopie; holografie; dopplereffect.	Kun je bij het twee-spletenexperiment van Young interferentiestrepen waarnemen als de golflengte van het gebruikte licht groter is dan de afstand tussen de spleten? Motiveer je antwoord.	Licht ( $\lambda = 651 \text{ nm}$ ) valt op een enkelvoudige spleet met een breedte van $5,47 \times 10^{-6} \text{ m}$ . Hoeveel donkere strepen verschijnen er aan elke kant van het centrale maximum?
6. Experimenteel werk	Optische bank (3D), lichtkastje met perspex voorwerpen en spiegels (2D), laser. Interferentieproeven met de laser, spectroscopie.		
7. Contexten	Kleurenfilters, zonnecentrale, kijkers, oog, fotocamera.		

## Domein 7. Fundamentele Natuurkunde


Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Relativiteits-theorie	Inertiaalsystemen, de twee postulaten, tijdrek, eigentijd, tweelingparadox, ruimtekrimp, relativistische impuls, equivalentie van massa en energie, snelheden optellen, het ruimtetijd gezichtspunt, equivalentieprincipe, gravitatie als gekromde ruimtetijd.	Ans, Ben en Cor zijn een drieling. Ans blijft op aarde en Ben en Cor maken een ruimtereis, beide met een snelheid 50% van de lichtsnelheid t.o.v. de aarde (behalve in het keerpunt). Ben is, volgens Ans, na 10 jaar terug op aarde en Cor na 20 jaar. Zijn Ben en Cor, bij terugkeer van Cor, even oud? Geef uitleg.	1. Een deeltje A vervalt in twee deeltjes B en C. A is in rust en heeft een massa van $2000 \text{ MeV}/c^2$ , deeltje B heeft een massa van $200 \text{ MeV}/c^2$ en een energie van 500 MeV. a. Wat is de energie van deeltje C? b. Bepaal de grootte van de impuls van deeltje C. c. Wat is de massa van deeltje C? d. Verklaar het verschil tussen $m_B + m_C$ en $m_A$ .
2. Kwantummechanica	Planck's stralingskromme, Wien's verschuivingswet, foto-elektrisch effect, Compton-effect, golf-deeltje-dualisme, relatie van De Broglie, onzekerheidsrelaties, golf functie, Schrödingervergelijking, deeltje in een put, tunneleffect; meetpostulaat, Bohr-Einstein discussie (Kopenhaagse interpretatie), non-lokaliteit.	Een mono-energetische bundel elektronen valt op een dubbele spleet. Op een detector achter de dubbele spleet vormt zich in 10 s een interferentiepatroon. Het experiment wordt drie keer in gewijzigde vorm herhaald. A. De intensiteit van de bundel wordt sterk verlaagd: hetzelfde aantal elektronen wordt nu gedetecteerd in 24 uur. De meting duurt ook 24 uur. B. Voor spleet 1 is een elektronen→detector geplaatst: hij telt de elektronen die daarna spleet 1 passeren. C. 10 s is alleen spleet 1 open en dan 10 s alleen spleet 2 open. Vergelijk de patronen die bij A t/m C ontstaan met het originele interferentiepatroon. Geef uitleg.	Het foto-elektrisch effect wordt onderzocht met een cel met een elektrode van cesium. Het gebruikte licht heeft een golflengte van 400 nm. a. Welke tegenspanning is minimaal nodig om de fotostroom tot 0 te reduceren? De spanning wordt omgepoold en verhoogd tot 5 V. De fotostroom is dan $1,00 \mu\text{A}$ . b. Bereken de fotostroom als we nu een andere lichtbron nemen: dezelfde intensiteit (in $\text{W}/\text{m}^2$ ), maar met een kleinere golflengte: 350 nm. c. Bereken de fotostroom als we nog een andere lichtbron nemen met een 5x zo grote intensiteit (in $\text{W}/\text{m}^2$ ) en een grotere golflengte van 500 nm.
3. Experimenteel werk	Bepaling van de constante van Planck via foto-elektrisch effect; de relatie van de Broglie onderzoeken met een elektronen diffractiebus.		
4. Contexten	GPS-systeem, science fiction, quantuminformatica.		






## Domein 8. De materie

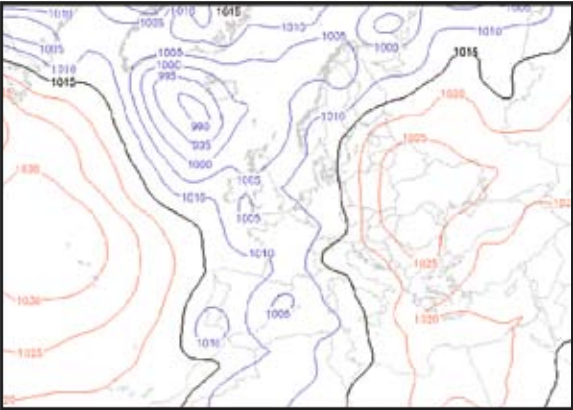
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Atoomfysica	experiment van Rutherford, lijnspectra, Bohrmodel, elektronen als staande golven, kwantummodel van waterstof, spin, Zeemaneffect, Pauli-principe, periodiek systeem, röntgenstraling, röntgendiffractie, relatie van Bragg, laser. kwantumgetallen.	Het natriumatoom (Z=11) heeft één elektron in zijn buitenste schil. Welke verklaring geeft de kwantummechanica hiervoor? Gebruik bij je antwoord de 4 atomaire kwantumgetallen en het Pauli-principe.	Een röntgenbuis heeft een anode van platina (Z=78). De buis moet in staat zijn om de straling van de K $\alpha$ -piek van het spectrum te produceren. Maak een beredeneerde schatting van de minimale spanning die moet worden aangesloten tussen de anode en kathode van deze buis.
2. Kernfysica	kernstructuur, isotoop, kernkracht, bindingsenergie, massadefect; radioactief verval, vervalschema, energiespectra, activiteit, halveringstijd, vervalsreeksen, dateringsmethoden, stralingsdetectoren, stralingsgrootheden, dracht, halveringsdikte, exponentiële verzwakking, foton-materiewisselwerking, achtergrondstraling, kernsplijting, kernreactors, kernafval, kernfusie, medische toepassingen.	Energie opwekken met behulp van atoomkernen kan op twee manieren: door kernsplijting en door kernfusie. Leg uit hoe het mogelijk is dat zowel door splijting als door fusie energie geproduceerd kan worden.	Er is koolstof in de atmosfeer aanwezig in de vorm van CO <sub>2</sub> . Voor dit koolstof geldt dat 1 op de 8,3·10 <sup>11</sup> koolstofatomen een koolstof-14 atoom is. Koolstof-14 heeft een halfwaardetijd van 5730 jaar. Koolstof, dat afkomstig is van een veenlijk, heeft een activiteit van 0,121 Bq per gram. Bereken de ouderdom van het veenlijk door gebruik te maken van de bovenstaande gegevens.
3. Elementaire deeltjesfysica	elektron, proton, neutron, positron, neutrino, muon, pion; mesonen, baryonen, vreemde deeltjes, resonanties, hadronen, leptonen; behoudswetten, spiegelsymmetrie; wisselwerkingsdeeltjes, Feynman-diagrammen; standaardmodel; versnellers, detectoren; actueel onderzoek naar neutrino-oscillaties en Higgs-deeltje.	Onderzoek naar elementaire deeltjes vindt plaats met versnellers. Binnen detectoren laat men deeltjes met elkaar botsen. Zulke detectoren zijn grofweg opgebouwd in 3 lagen. De middelste laag bestaat uit zogenaamde <i>calorimeters</i> . (a) Beschrijf de <i>functies</i> van de binnenste en de buitenste laag. (b) Beschrijf de <i>opbouw en werking</i> van zo'n calorimeter.	Welke van de volgende vervalsreacties worden niet waargenomen? Noem telkens de behoudswet die het verval onmogelijk maakt. (a) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu$ (b) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (c) $\Omega^+ \rightarrow \Lambda + K^+$ (d) $\bar{n} \rightarrow \bar{p} + e^- + \bar{\nu}_e$ (e) $\tau^- \rightarrow K^- + \pi^0 + \nu_\tau$ (f) $\Lambda \rightarrow p + K^-$
4. Vaste stoffysica	Covalente binding, ionbinding, metaalbinding, vrij-elektronengas, kristallen; spectrum van molekuul (vibratie en rotatie-energie), Fermi-energie; Paramagnetisme, ferromagnetisme; eigenschappen van magnetische materialen; lage temperaturen (supergeleiding).	Schets in één diagram de hystereselussen van hard en zacht ferromagnetisch materiaal. Geef aan wat er langs de assen staat en beschrijf aan de hand van de 2 lussen de toepassingsmogelijkheden van harde en zachte ferromagnetische materialen.	Vast natriumchloride heeft een kubisch vlak-gecentreerd kristalrooster zoals getoond in de figuur. Bereken de afstand tussen het Na <sup>+</sup> -ion en het Cl <sup>-</sup> -ion uit de dichtheid en de molaire massa van keukenzout. 
5. Experimenteel werk	Optische spectra opmeten met een traliespectrometer; röntgendiffractie opmeten aan een zoutkristal; meten aan gammastraling met GM-buis en timer/counter, verzwakking via kwadratenwet opmeten, halfwaardedikte bepalen van materialen, halfwaardetijd bepalen van radon-220 via thorium 232 bron.		
6. Contexten	Milieu en gezondheid (kernafval en stralingsbelasting), geneeskunde (straling voor diagnose en behandeling), kernenergie, wereldvrede en kernwapens, technologische ontwikkeling, deeltjesversnellers, wereldbeeld (elementaire deeltjes en de ontwikkeling van het universum). De kleur van (bepaalde) organische kleurstoffen.		

## Domein 9. Het universum

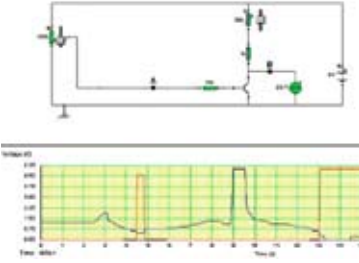
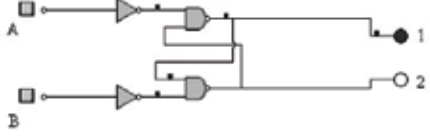
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Zonnestelsel	Zon, maan (satellieten, schijn- gestalten), zon- en maansverduis- tering, getijdenwerking; planeten (massa, baan, kenmerken), wetten van Kepler, meetmethoden in zonnestelsel (o.a. parallax), ruimtevaart.	Hoe ontstaan de schijn- gestalten van de maan gezien vanaf Aarde?  	De derde wet van Kepler beschrijft de rela- tie tussen de omlooptijd T en de afstand R van planeten om de zon. Er geldt $R^3/T^2 = \text{constant}$ . Leidt deze relatie af, ervan uitgaande dat planeten in een eenparige cirkelbeweging om de Zon bewegen.
2. Sterren	Sterrenbeelden, tijdschalen, afstand- en massabepaling, meetinstrumenten, kenmerken en classificatie van sterren; energieproductie en nucleisyn- these; ontstaan en evolutie, Hertzsprung-Russell diagram; melkwegstelsels; dubbelsterren, quasars, zwarte gaten, gammaflitsers.	Een ster heeft een begeleider ster die wegens de grote afstand niet zichtbaar is in een telescoop. Toch kan de aanwezigheid van deze begeleider experimenteel aangetoond worden. Noem drie methoden waarmee dit kan en geef bij elke methode een beknopte uitleg.	Voor het uitgestraalde vermogen van de Zon geldt: $P_{\text{zon}} = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}$ . Dit vermogen is afkomstig van kernfusiereacties, waarin waterstof wordt omgezet in helium: $4^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + 2^0_1\text{e} + 2 \nu_e$  a. Bereken de vrijkomende energie per waterstofatoom (verwaarloos hierbij de energie van de neutrino's).  Alleen in het centrale gedeelte van de zon zijn temperatuur en druk hoog genoeg voor het optreden van kernfusiereacties; dit deel bevat naar schatting 12% van de totale massa van de zon. Neem verder aan dat deze massa oorspronkelijk voor 80% uit waterstof bestond.  b. Schat hieruit de totale levensduur van de zon dus hoe lang het duurt voor alle waterstof in de kern is opgebruikt. c. Men neemt aan dat ons zonnestelsel ongeveer 4,5 miljard jaar oud is; hoeveel tijd hebben we dus nog over?
3. Kosmologie	Structuur van het heelal, roodver- schuiving, Hubbleconstante, uitdijend heelal, ouderdom van het heelal, oerknalmodel, 3K achter- grondstraling, donkere materie.	Een belangrijk concept in de kos- mologie is de 'Big Bang' theorie. Wat verstaan we hieronder en op welke twee experimentele pijlers rust deze theorie?	Bereken de leeftijd en de afmetingen van het zichtbare heelal, uitgaande van een constante uitdijingsnelheid en een Hubble constante $H = 72 \pm 8 \text{ km/s/Mpc}$ . (1Mpc = 3,26 miljoen lichtjaar).

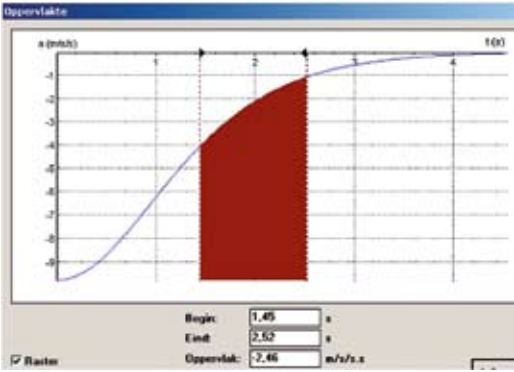
## Domein 10. Toegepaste Natuurkunde

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2
1. Hoe dingen werken	De natuurkunde van apparaten en processen uit de dagelijkse omgeving en de techniek.	<p>Hoe werkt een min-max thermometer?</p> 	<p>De uitvinder van de oorthermometer ontdekte dat de temperatuur van het binnenoor een goede maat is voor de lichaamstemperatuur en dat het oor zich gedraagt als een zwarte straler. In welk golflengtegebied moet de sensor dan gevoelig zijn?</p> 
2. Natuurkunde van het vrije veld	De natuurkunde in de vrije natuur (Minnaert deel 1 t/m 3).	<p>Bij eb blijft het strand vochtig achter. Overal waar je dan een stap zet zie je het om je voet wit worden. Kennelijk wordt het daar ineens droog. Wordt nu door de druk van je voet het zand samengeperst?</p>	<p>In de figuur zie je de zogenaamde horizontale kring. Het is de lichtgevende smalle band die door de zon van links naar rechts over de gehele foto loopt, evenwijdig met de horizon. Op de foto is de zon afgedekt met een zwarte cirkel. De horizontale kring is een zeldzaam lichtverschijnsel. Hij wordt veroorzaakt door de reflectie van zonlicht aan de vertikaal staande zijvlakken van ijskristallen.</p> <p>Je hebt de beschikking over een poppetje, een vlakke spiegel en net zoveel laserpennen als je maar nodig denkt te hebben. Leg nauwkeurig uit hoe je hiermee het verschijnsel kunt simuleren en zo het poppetje de horizontale kring kunt laten zien.</p> 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2								
3. Weerkunde	Temperatuur- en drukverdelingen, winden, fronten, vorming van neerslag.	Lucht stroomt in principe van een gebied van hoge luchtdruk naar een gebied van lagere luchtdruk. Toch is dat zowel voor horizontale als verticale luchtbewegingen op aarde niet het geval. Welke twee krachten veroorzaken deze afwijkingen?	<p>Zoek in de grondkaart een gebied op met (vrijwel) evenwijdige isobaren. Kies hierin een punt en geef met pijlen vanuit dit punt aan hoe de richtingen zijn van de drukgradiëntkracht, de corioliskracht en de (geostrofische) windsnelheid.</p> 								
4. Biofysica	De natuurkunde van fysiologische en ecologische systemen en processen.	<p>Ontwerp een eenvoudige practicumproef waarbij je leerlingen uit de klas hun vermogen kunnen bepalen bij traplopen.</p> <p>a. Welke twee grootheden worden hierbij gemeten?</p> <p>b. Welke begrippen zijn hierbij nodig?</p>	<p>Tussen een fysische grootheid <math>I</math> en de waarde <math>S</math> die hieraan subjectief wordt toegekend door een proefpersoon zijn twee verschillende relaties gevonden:</p> <p>de wet van Weber-Fechner <math>S = c_1 \log I - c_2</math></p> <p>en de machtswet van Stevens <math>\log S = c_1 + c_2 \log I</math> ofwel <math>S = kI^n</math>.</p> <p>Bij de subjectieve indruk van de hoogte van een toon wordt bij een (denkbeeldige) proefpersoon het volgende gemeten (zie tabel).</p> <p>Onderzoek voor onderstaande metingen welke wet geldt.</p>								
		I frequentie [Hz]	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">55</td> <td style="padding: 2px 10px;">110</td> <td style="padding: 2px 10px;">220</td> <td style="padding: 2px 10px;">440</td> <td style="padding: 2px 10px;">880</td> <td style="padding: 2px 10px;">1760</td> <td style="padding: 2px 10px;">3520</td> <td style="padding: 2px 10px;">7040</td> </tr> </table>	55	110	220	440	880	1760	3520	7040
55	110	220	440	880	1760	3520	7040				
		S subjectieve gewaarwording	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">1</td> <td style="padding: 2px 10px;">2</td> <td style="padding: 2px 10px;">3</td> <td style="padding: 2px 10px;">4</td> <td style="padding: 2px 10px;">5</td> <td style="padding: 2px 10px;">6</td> <td style="padding: 2px 10px;">7</td> <td style="padding: 2px 10px;">8</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8				

## Domein 11. Fysische informatica

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Informatieverwerking	Invoer, verwerking, uitvoer; sensoren en actuatoren, hardware-software, analoog-digitaal, continu en discreet, signaalconditionering (versterking, filtering); codering. Meet-, stuur- en regelsysteem.	<p>In onderstaande schakeling (met o.a. een transistor) wordt bij A en B de potentiaal gemeten ten opzichte van de aarde, terwijl het sleepcontact bij de 100k weerstand wordt gevarieerd. Het gevolg van die variatie zie je in het diagram voor de gemeten potentiaalverschillen eronder.</p>  <p>a. Beredeneer welk verloop bij de meting aan punt B hoort.  b. Leg uit wat de functie is van de weerstand van 10k in de basisleiding van de transistor.  c. Leg uit dat hier twee kenmerkende aspecten van het transistorgedrag in logische schakelingen zichtbaar worden.</p>	<p><b>Systemontwerp:</b>  In een productieproces kunnen de druk en de temperatuur in een bepaald vat variëren. Wanneer de druk langer dan 4 opeenvolgende klokpulsen hoger is dan een bepaalde grenswaarde treedt <b>alarmfase 1</b> in werking. Er gaat dan een LED branden, dat pas uitgaat wanneer de druk is gedaald beneden die grenswaarde en de gewaarschuwde procesoperator op een knop heeft gedrukt.  <b>Alarmfase 2</b> treedt in werking wanneer <b>ook</b> de temperatuur boven een bepaalde waarde uitkomt. Het is in dat geval niet van belang hoe lang de druk al hoog is. Er is dan een zodanig gevaarlijke situatie ontstaan dat het proces automatisch via een relais wordt stopgezet. Het alarm bestaat in dat geval uit een combinatie van LED en Zoemer, die beide uitgaan als zowel de druk als de temperatuur beneden de grenswaarden zijn gedaald.  <b>Maak hiervoor een ontwerp op een zelf in te richten systeembord.</b></p>
2. Digitale elektronica	Binair rekenen, digitale signalen, logische poorten, poortschakelingen: logische en fysische aspecten, optelschakeling, flipflop, teller, AD en DA-omzetting.	<p>d. Beredeneer of het gedrag van de transistor als logisch schakelement verbetert of verslechtert wanneer de weerstand in de collectorleiding sterk wordt verlaagd.</p>	<p>In de figuur wordt een logisch systeem weergegeven. De invoer gebeurt d.m.v. drukknoppen A en B, de uitvoer staat voor de LEDs 1 en 2. De gebruikte logische poorten zijn nandpoorten en invertors.</p>  <p>In de gegeven situatie (A en B beide 0) brandt alleen LED 1. Er kunnen nu na elkaar allerlei invoercombinaties worden uitgetoetst.  <b>Onderzoek systematisch dit logische systeem en beschrijf op basis daarvan de algemene werking en mogelijke toepassing.</b></p>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
3. Programmeren	Uitdrukking en instructie, variabelen toekennen, operatoren, voorwaardelijke en herhaalde instructie, procedures en functies (bestaande en zelf definiëren); in- en uitvoer (digitaal, analoog en timer).	Hieronder worden modelregels gegeven voor een valbeweging, waarbij ook sprake is van wrijvingskracht.	
4. Dynamische modellen	Systeem, model, wiskundige beschrijving; analytische oplossingen, numerieke integratie, parameters fitten, model valideren.	 <p> <math>t=t+dt</math>  <math>F=-m \cdot g - c \cdot v \cdot \text{abs}(v)</math>  <math>a=F/m</math>  <math>v=v+a \cdot dt</math>  <math>y=y+v \cdot dt</math>  als <math>y \leq 0</math> dan stop eindals </p> <p>Hieronder de startwaarden:</p> <p> <math>t=0</math>  <math>dt=0,01</math>  <math>v=0</math>  <math>y=50</math>  <math>m=2</math>  <math>c=0,1</math>  <math>g=9,8</math> </p> <p>In de figuur wordt een resultaat van dit modelleren verder bewerkt. Het gaat om het diagram voor de versnelling als functie van de tijd. Tussen <math>t=1,5</math> en <math>t=2,5</math> is de rechtehoek door de grafiek opgedeeld in een bruin vlak en een niet gekleurd vlak. Een van deze (opper)vlakken staat voor de integratie die is uitgevoerd en de uitkomst hiervan kun je ook aflezen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Welke grootte wordt hiermee in feite bepaald?</li> <li>Bij welk (opper)vlak hoort de uitkomst, het bruine of het niet gekleurde gedeelte?</li> <li>In welke modelregel wordt deze integratie eigenlijk ook uitgevoerd?</li> </ol> <p>Stel dat het vallende object elastisch kan stuiten tegen de grond. Je wilt het hele proces beschrijven vanaf het punt waar het object wordt losgelaten, tot enige tijd na de stuit.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leg uit of daarvoor regel 2 van het model moet worden gewijzigd.</li> <li>Bedenk de noodzakelijke aanpassingen/aanvullingen in het bestaande model.</li> </ol>	
5. Experimenteel werk	Ontwerpen van logische schakelingen met het systeembord; meten, modelleren, simuleren met (o.a.) COACH.		
6. Contexten	Automatisering, informatica.		

## Domein 12. Scheikunde

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Basisbegrippen	Ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen, elementen, atomen, symbolen, atoomnummer, periodiek systeem, perioden en groepen, metalen en niet-metalen; moleculaire stoffen, zouten, mengsels; oplossingen: concentratie, molariteit, titratie, verdunnen: spectrometrie: Lambert-Beer; scheidingsmethoden: centrifugeren, filtreren, adsorberen, absorberen, zeven, herkristallisatie, sublimatie, vriesdrogen, destillatie.	Teken een blokschema van een eenvoudige colorimeter, benoem de onderdelen en hun functie.	Geconcentreerd salpeterzuur bevat 65% (m/m) $\text{HNO}_3$ . De dichtheid bedraagt 1,39 g/ml. Hoeveel ml $\text{HNO}_3$ moet worden afgemeten om 1,0 liter 4 M $\text{HNO}_3$ te bereiden?
2. Chemische reacties	Reactievergelijkingen, wet van behoud van massa, stoichiometrie, mol, getal van Avogadro, molaire massa; reactanten en producten; neerslagreacties: oplosbaarheid, oplosbaarheidstabel, common-ion effect, selectieve precipitatie; zuurbase reacties: neutralisatieconstante, pH-curves, equivalentiepunt, indicatoren kunnen kiezen, buffervergelijking, buffercapaciteit; redox reacties, titraties.	Gaat het in de volgende reacties om een zuurbase reactie of een redox reactie (motiveer je antwoord): <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnesium reageert met verdund zwavelzuur;</li> <li>• ijzererts wordt m.b.v. koolstof omgezet in ijzer en koolstofdioxide;</li> <li>• waterstofbromide reageert met bariumhydroxide.</li> </ul>	Voor de bereiding van ijzersulfide ( $\text{FeS}$ ) wordt 14 gram ijzer en 10 gram zwavel gemengd. Het mengsel wordt tot reactie gebracht. Hoeveel gram van één van beide uitgangsstoffen is in overmaat aanwezig?
3. Thermochemie	Endo- en exotherm, enthalpie, wet van Hess, vormings- en reactie-enthalpie, eerste en tweede hoofdwet, spontaan verlopende reacties.	Geef aan wat het verschil is tussen de reactie-energie en de reactie-enthalpie.	Bereken de (grens)temperatuur voor de spontane ontleding van $\text{CaCO}_3$ .
4. Elektrochemie	Spontaan verlopende reacties, verkorte celnotatie, anode en kathode, standaard reductiepotentiaal, standaard bronspanning, vergelijking van Nernst, batterij, brandstofcel, elektrolytische cellen, ontledingsspanning, galvaniseren, wet van Faraday.	Voor de bereiding van natrium uit een pekelsmelt, $\text{NaCl}(s)$ , is veel minder energie nodig dan voor aluminium uit bauxiet. Noem daar de reden van.	Van de volgende twee halfcellen wordt een galvanische cel gebouwd: $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ en $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ . <ul style="list-style-type: none"> <li>• noteer de verkorte celnotatie;</li> <li>• bereken <math>\Delta V^\circ</math>;</li> <li>• bereken <math>\Delta V</math> als de concentratie van alle deelnemende stoffen 0,10 mol/l bedraagt.</li> </ul>
5. Organische chemie	Karakteristieke groepen, nomenclatuur, fysische eigenschappen, additie, substitutie, eliminatie, reactieve deeltjes, eiwitten, (essentiële) aminozuren, IEP, primaire t/m quaternaire structuur, enzymen, stereochemie, denaturatie.	Geef de structuurformule van het meest waarschijnlijke eliminatieproduct van 2-chloor-3-methylpentaan.	Een broek is bespat met gamma-hydroxybuterzuur (GABA; 4-hydroxybutaanuur). Welk oplosmiddel gebruik je om deze spatten GABA te verwijderen? Geef argumenten.


Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Chemisch practicum	Nauwkeurigheid en onzekerheid, significantie; praktische vaardigheden: kwantitatieve analyse: zuurbase- en redox titraties, Uv-Vis spectroscopie; kwalitatieve analyse: IR-spectroscopie, elektroforese, dunne laag - en kolom chromatografie; veiligheid en aansprakelijkheid; inkoop en organisatie; milieu; schoolpracticum; ICT-toepassingen.		
7. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties:	Oplosmiddelen, reinigingsmiddelen, cosmetica en voedingsmiddelen. Soorten batterijen, brandstofcel, pH-meter, accu, corrosie. Huishoudzuren: azijn, cola, soda, wasmiddelen, etc. Verbrandingsprocessen.		
8. Contexten	Milieu en gezondheid; chemische industrie.		

### Domein 13. Wiskunde



Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: vraagstuk
1. Basisfuncties en -vaardigheden	Notaties, variabelen, veeltermen: ontbinden en vereenvoudigen; breuken; vergelijkingen: lineair, kwadratisch, met wortel, met absolute waarde, stelsel met 2 onbekenden, ongelijkheden; vectoren en oppervlakte/ inhoud formules. Gebruik van de basisfuncties van wiskundige software.	De verticale beweging van een modelraket wordt gegeven door $y(t) = 80t - 5t^2$ . Na hoeveel seconden bevindt de raket zich op 300 m hoogte?
2. Goniometrie	In de driehoek: sinusregel, cosinusregel; radialen, goniometrische functies: sin, cos, tan; goniometrische identiteiten, goniometrische vergelijkingen; periodieke functies.	Twee personenauto's hebben een constante snelheid van respectievelijk 60 en 100 km/h. Hun snelheden maken een hoek van $60^\circ$ met elkaar. Gebruik de cosinusregel om de grootte van de onderlinge snelheid te bepalen.
3. Functies	Algemene kenmerken van functies, functies samenstellen; de eigenschappen en grafieken kennen van: basisfuncties, goniometrische functies, machtsfuncties, gebroken functies, exponentiële functies en logaritmische functies; eenvoudige vergelijkingen en ongelijkheden met deze functies; asymptoten.	Een condensator met een capaciteit van 1,0 mF is opgeladen tot een spanning van 12 V. De condensator wordt ontladen over een weerstand van 0,47 k $\Omega$ . Hoe lang duurt het tot de spanning over de condensator is gedaald tot 1,0 V? Gebruik $V(t) = V_0 e^{-t/RC}$ .
4. Differentiaal-rekening	Differentiequotiënt, differentiaalquotiënt, afgeleide functie, regels voor differentiëren; afgeleiden van standaardfuncties; kettingregel; functieonderzoek: extreme waarden en buigpunten; differentievergelijkingen voor numerieke integratie.	Het stralingsvermogen van een zwarte straler met oppervlak A en absolute temperatuur T wordt gegeven door $P = \sigma AT^4$ met $\sigma$ als constante. Geven een onzekerheid van 5% in de temperatuur van een object. Gebruik differentiaalrekening om de procentuele onzekerheid in het uitgestraalde vermogen te berekenen.
5. Integraal-rekening	Onbepaalde integraal, primitieven van standaardfuncties, rekenregels, bepaalde integraal, oppervlak onder grafieken.	Bereken hoeveel arbeid er moet worden verricht om 5 mol gas isotherm bij een temperatuur van 300 K te comprimeren van 100 l naar 10 l. Voor het gas geldt de gaswet $pV = nRT$ en de arbeid wordt gegeven door $W = \int p dV$ .



## Domein 14. Vakverbreding (o.a. in kader van het leergebied mens en natuur)

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2
1. Scheikunde	Zie domein 12. Vanwege de vakken NaSk1 en NaSk2 (NaSk=natuur- en scheikunde) in het vmbo, is voor een startbekwame leraar natuurkunde de hoeveelheid scheikundekennis uitgebreider dan strikt noodzakelijk voor het leergebied mens en natuur.		
2. Techniek	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De rol van techniek in de samenleving en van de samenleving op de ontwikkelingen in de techniek.</li> <li>2. Werking van de belangrijkste technische producten en systemen in het dagelijkse leven.</li> <li>3. Ontwerpen en maken van eenvoudige producten.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek de vervuiling en emissies, uitputting van grondstoffen en energievoorraden ten gevolge van technologische ontwikkelingen.</li> <li>2. Geef drie varianten voor de overbrenging tussen motor en wielas bij een scooter. Beoordeel welke variant het beste toe te passen is. Gebruik hiervoor een wegingmethode.</li> <li>3. Ontwerp en maak een prototype van een "de stoep op" hulpje voor een rollator. Maak gebruik van de ontwerpcyclus.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek en beschrijf de evolutie van de auto en geef het belang en de consequenties van deze ontwikkeling aan in relatie tot de onderwerpen welvaart, wonen en werken. Schrijf hierover een verhandeling van 2000 woorden.</li> <li>2. Onderzoek de werking van diverse technische systemen in relatie tot energieomzettingen en constructies, bijvoorbeeld een cv-installatie.</li> </ol> 
3. Biologie en verzorging	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennis over mensen, dieren en planten in wisselwerking met elkaar en hun omgeving (milieu). Bacteriën en virussen.</li> <li>2. Kennis m.b.t. de bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden met het bevorderen van lichamelijke en psychische gezondheid, en de eigen verantwoordelijkheid van het individu daar in.</li> <li>3. Kennis over zorg en de toepassing daarvan op het individu, anderen en de omgeving.</li> <li>4. Hoe is de veiligheid van individu en anderen in verschillende levensituaties (wonen, leren, werken, uitgaan, verkeer) positief te beïnvloeden.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek de onderlinge afhankelijkheid van mens, dier en plant. Mens en dier zijn voor de voeding afhankelijk van planten. Planten zijn afhankelijk van de zon.</li> <li>2. Maak een analyse van de verschillende levenskenmerken van de mens.</li> <li>3. Maak een berekening over ingaande en uitgaande energie in het lichaam en geef dan een advies over verantwoorde voeding.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vergelijk de wisselwerking tussen de mens en andere organismen in verschillende recreatiegebieden (bos/strand/ rivier/bergen).</li> <li>2. Maak een schematische tekening van het ademhalingsstelsel en geef aan uit welke onderdelen het ademhalingsstelsel bestaat.</li> <li>3. Verzamel informatie over aids (bijv. via internet) en maak een informatie poster voor pubers om besmetting met aids tegen te gaan.</li> </ol>
4. Natuur- en milieueducatie	Kennis van lucht, water en bodem, hergebruik en recycling enz. Processen uit het dagelijks leven herkennen als natuurwetenschappelijke processen. Samenwerking met natuur- en milieuorganisaties.	Bespreek de gevolgen van het opraken van energievoorraden, de toename van afvalstoffen, het dilemma van de keuze voor landbouw of natuur en de bedreiging van het uitsterven van soorten planten en dieren.	Zoek op wat bedoeld wordt met C2C en geef een duidelijke beschrijving van een product dat volgens dit principe geproduceerd is (wordt). (Minimaal 1000 woorden, maximaal 2000 woorden, tenminste één duidelijk plaatje).

## Domein 15. Onderzoek, technisch ontwerp en experimenteel werk

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld
1. Informatie	Verzamelen gegevens: mede met behulp van ICT informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren; gebruik maken van computermodellen. Analyseren: informatie en meetresultaten analyseren, schematiseren en structureren, mede met behulp van ICT; betrouwbaarheid van informatie.	Schrijf een webkwestie bij een onderwerp uit de natuurkunde waar leerlingen twee of meer lessen zelfstandig aan kunnen werken. Selecteer een aantal websites die je leerlingen gaan gebruiken bij de uitvoering van de webkwestie. Zet de webkwestie in een digitale vorm zodat het als een website te publiceren is. Schrijf de webkwestie voor leerlingen van een klas die je begeleidt in je stage. Vraag feedback op dit product van je begeleidende docent op de stageschool en van een of meer medestudenten. (Bron: <a href="http://www.webkwestie.nl">http://www.webkwestie.nl</a> ).
2. Instrumenten	Meten: meetinstrumenten, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, meetfouten, afronding, sensoren, ijken, dataverwerking met de computer, handleidingen. Veiligheid: Arbo-regelingen, aansprakelijkheid, inrichting practicumlokaal en kabinet. Gebruik van laser, kwik, hoogspanning, stroboscoop, hoge druk, onderdruk; milieu en gezondheid.	Ben ik als stagiair of leraar tijdens een practicum persoonlijk aansprakelijk bij een incident of ongeval in de klas? Ga op je stageschool na hoe de aansprakelijkheid daar is geregeld. Bron APS. ( <a href="http://www.aps.nl/APSite/Onderwijssectoren/Projecten/Natuur+en+Techniek/Onderbouw/Standaard+2.htm">http://www.aps.nl/APSite/Onderwijssectoren/Projecten/Natuur+en+Techniek/Onderbouw/Standaard+2.htm</a> ). ----- Bedenk en bouw en opstelling om de soortelijke weerstand van een metaaldraad te bepalen. Bepaal de soortelijke weerstand van ijzer en vergelijk die met die uit een tabellenboek.
3. Ontwerpen		Ontwerp en bouw een sorteeraapparaat voor munten. Maak gebruik van de ontwerpcyclus.
4. Onderzoeken		Neem één sliert ongekookte spaghetti en buig de uiteinden langzaam naar elkaar, tot de pasta breekt. Zoek nu de stukken van de keukenvloer. Waarschijnlijk is de spaghetti niet keurig doormidden geknakt, maar in drie of vier stukken gebroken. Waarom breekt spaghetti niet netjes in tweeën? Een van de grootste wetenschappers aller tijden, fysicus Richard Feynman, grondlegger van de kwantumelektrodynamica, heeft zich al eens over dit probleem gebogen zonder een bevredigend antwoord te vinden. Onderzoek onder welke omstandigheden de verschillende manieren van breken voorkomen. Presenteer je resultaten. Ga te werk volgens de onderzoekscyclus.

## Domein 16. Historische, filosofische en maatschappelijke aspecten

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel
1. Historische aspecten	De grote lijn: de start in Griekenland en de Arabische wereld; de wetenschappelijke revolutie in Europa en de huidige dominantie van de Verenigde Staten. De groei en het ontstaan van de vakgebieden astronomie, optica, mechanica, warmteleer, elektriciteitsleer, atoom en kernfysica, vastestoffysica. De grote namen: van Ptolemeus tot Hubble.	Waarom kwam de iPhone zo laat? Een iPhone - hoe klein hij ook is - herbergt heel veel natuurkundig inzicht. Ga op zoek naar vijf essentiële onderdelen die gebaseerd zijn op vijf echt verschillende natuurkundige principes of ontdekkingen. Ga na welke naam en welk jaartal met dat principe verbonden is en beantwoord de vraag: had de iPhone (misschien iets minder klein) niet 100 jaar eerder op de markt kunnen komen?
2. Filosofische aspecten	Het onderwerp van natuurkunde, de afbakening en de relatie met andere wetenschappen. De natuurwetenschappelijke methode: de keuze voor de waarneming boven het dogma. De ontdekking van het universum: zijn omvang en ontwikkeling en de gevolgen hiervan voor het zelfbeeld van de mens. De speurtocht naar een 'theorie van alles' en de consequenties hiervan voor bijvoorbeeld het idee van de vrije wil.	Gerard 't Hooft kreeg in 1999 de Nobelprijs voor de natuurkunde. Hij is een van de meest vooraanstaande Nederlandse natuurkundigen. In interviews en publicaties geeft hij regelmatig zijn mening over de aard en de reikwijdte van natuurkundige wetten. Beschrijf in 500 woorden zijn mening over het bestaan van de menselijke geest - los van het lichaam en de hersenen. Achterhaal ten minste een originele publicatie (toevoegen als bijlage), geef een samenvatting van zijn argumentatie en geef aan in hoeverre je het met hem eens bent. Begin je artikel met een korte samenvatting van de geschiedenis van deze lichaam-geest discussie.
3. Maatschappelijke aspecten	De bijdragen van natuurkunde aan de ontwikkeling van de bouwkunde, de landbouw, de wapenwedloop, de industrialisatie, het vervoer, de communicatie en informatietechnologie, de geneeskunde, de energievoorziening en het milieubeleid. Morele aspecten: de persoonlijke verantwoordelijkheid van fysici en het belang van internationale solidariteit en samenwerking. Onderwijs in natuurkunde: het belang voor studie- en beroepskeuze en de mogelijke problemen als gevolg van de geringe populariteit van het vak.	De afgelopen tien jaar zijn er verschillende pogingen gedaan meer leerlingen te interesseren voor de exacte vakken en profielen op havo en vwo. Geef een overzicht van de initiatieven: wanneer, met welke kreet, welke activiteiten en met welk resultaat? Geef je mening over deze inspanningen en geef aan hoe dit probleem wellicht beter kan worden aangepakt.

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

### Vakredactie

Jan Rasenberg (Hogeschool Rotterdam)  
Chris de Jong (Fontys lerarenopleiding Tilburg)  
Gert de Goede (Hogeschool van Amsterdam)  
Meine Zandbergen (Hogeschool van Amsterdam)  
Freerk Dijkstra (Christelijke Hogeschool Windesheim)

### Legitimeringspanel

dr. H.J.Pol (TUT, vakdidactiek Natuurkunde ELAN)  
Dr. Ir.M.J. Vollebregt (Universiteit Utrecht, IVLOS/FI-sme)  
Wilfried Allaerts (lid algemeen bestuur NNV; docent)  
René Martens (Nederlandse vereniging voor onderwijs in Natuurwetenschappen)  
Jeroen Kleijn (docent vmbo)  
Sanne Steenbrink (docent mbo)  
Esther van der Steen (docent onderbouw havo/vwo)

## **BIJLAGE 1 - INHOUDSOPGAVE VAN DE 8<sup>E</sup> EDITIE VAN Introduction to Physics (Cutnell & Johnson, 2009)**

1. Introduction and Mathematical Concepts
2. Kinematics in One Dimension
3. Kinematics in Two Dimensions
4. Forces and Newton's Laws of Motion
5. Dynamics of Uniform Circular Motion
6. Work and Energy
7. Impulse and Momentum
8. Rotational Kinematics
9. Rotational Dynamics
10. Simple and Harmonic Motion and Elasticity
11. Fluids
12. Temperature and Heat
13. The Transfer of Heat
14. The Ideal Gas Law and Kinetic Theory
15. Thermodynamics
16. Waves and Sound
17. Principle of Linear Superposition and Interference Phenomena
18. Electric Forces and Electric Fields
19. Electric Potential Energy and the Electric Potential
20. Electric Circuits
21. Magnetic Forces and Magnetic Fields
22. Electromagnetic Induction
23. Alternating Current Circuits
24. Electromagnetic Waves
25. The Reflection of Light: Mirrors
26. The Refraction of Light: Lenses and Optical Instruments
27. Interference and the Wave Nature of Light
28. Special Relativity
29. Particles and Waves
30. The Nature of the Atom
31. Nuclear Physics and Radioactivity
32. Ionizing Radiation, Nuclear Energy and Elementary Particles