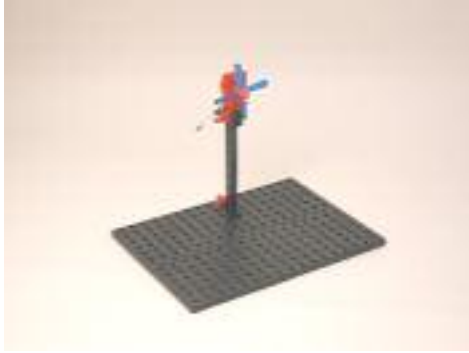




ECO POWER

Onderzoek aan de windmolen

Onderzoek aan de hijskraan

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Opmerkingen voor de docent	4
1. De windmolen	
Kennismakingsopdracht techniek	6
Kennismakingsopdracht natuurkunde	8
Vervolgopdracht natuurkunde	10
2. De hijskraan	
Kennismakingsopdracht techniek	13
Kennismakingsopdracht natuurkunde	15
Vervolgopdracht natuurkunde	17
3. Uitwerking van de opdrachten	
De windmolen	19
De hijskraan	22

Bijlage: Coach helpbladen

Voorwoord

In 'Scenario's voor een Herontwerp van de Basisvorming'¹ worden de volgende doelstellingen bij vernieuwing van de basisvorming geformuleerd:

- Een actievere rol van leerlingen,
- Meer ruimte voor maatwerk,
- Minder verplichte leerinhouden,
- Meer samenhang in het programma.

Dit lesmateriaal heeft de bedoeling actief en samenhangend leren in de vakken natuurkunde en techniek te ondersteunen. We gebruiken de bouwdozen van Fischer Technik als 'speeltuinen' voor constructivistisch leren in praktische opdrachten. Geen saaie theorielessen, maar creatief en ontdekkend leren door bouwen, onderzoeken en (her)ontwerpen.

Profi Eco Power bevat bouwmodellen voor leren over Energie. Dit is een thema dat zowel bij natuurkunde als bij techniek aan de orde komt. Elk vak benadert dit thema vanuit het eigen perspectief. Bij techniek is de aandacht gericht op het bouwen, testen en verbeteren (herontwerpen) van opstellingen. Bij natuurkunde staat onderzoek centraal, bijvoorbeeld onderzoek naar energieomzettingen, opbrengsten en verliezen.

Naar keuze van de school kan dit lespakket op verschillende manieren in het onderwijs worden ingezet:

- Als vakopdrachten bij een gemeenschappelijk project:
 - In oriëntatiefase wordt het model gebouwd en getest (zie techniekopdracht).
 - In de verdiepingsfase wordt onderzoek gedaan (zie natuurkundeopdrachten)
 - In de toepassingsfase wordt het bestaande model verbeterd (herontwerp) volgens de specificaties in de techniekopdracht.
- Als practicumopdrachten bij de afzonderlijke vakken. Bij beide vakken worden dezelfde modellen gebruikt, maar met verschillende opdrachten.
- Als praktische opdrachten in de bovenbouw. Leerlingen doen een eigen onderzoek aan het beschikbare materiaal. Hierbij dient het hier aangeboden lesmateriaal als een start.

Februari 2004
Stichting CMA
Kruislaan 404
1098 SM Amsterdam
www.cma.science.uva.nl

¹ Uitgave Vereniging voor het management in het Voortgezet Onderwijs (VVO, 2003) te bestellen bij vvo@vvo.nl o.v.v. scenarioboek basisvorming

Opmerkingen voor de docent

INDELING EN GEBRUIK VAN HET LESBOEKJE

Dit lesmateriaal is ontworpen voor gebruik bij de Fischer set Profi Eco Power. Bij twee van de acht modellen in de bouwdoos is aanvullend lesmateriaal gemaakt. De werkbladen zijn gemaakt vanuit drie verschillende invalshoeken.

1. Kennismakingsopdrachten techniek
2. Kennismakingsopdrachten natuurkunde
3. Vervolgopdrachten natuurkunde

Het lesmateriaal is geschreven voor leerlingen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs. In de doos Profi Eco Power (art. 0457485) zitten twee boekjes: een bouwhandleiding en een begeleidend boekje. Vanuit het lesmateriaal wordt regelmatig verwezen naar de bouwhandleiding. Het begeleidend boekje wordt hier niet gebruikt, maar kan wel als bron gebruikt worden voor practicumlessen bij de andere modellen.

Bij de kennismakingsopdrachten ligt de nadruk op het kwalitatieve aspect. Binnen de vervolgopdrachten wordt op een meer kwantitatieve wijze naar het materiaal. Inhoudelijk gezien horen de vervolgopdrachten vooral bij het vak natuurkunde thuis. Voor elk van de genoemde opdrachten zijn er antwoordbladen beschikbaar, deze zijn te vinden aan het eind van dit boekje. Voor het gebruik van het programma Coach is er een beknopte handleiding 'Coach helpbladen' gemaakt.

BENODIGDE MATERIALEN

De bouwdoos van Profi Eco Power (Art. 0457485) bevat bouwstenen voor acht verschillende modellen. Bij de meeste opdrachten wordt naast de bouwdoos alleen een voltmeter gebruikt (zie hierna). Aanvullend practicummateriaal is uitsluitend nodig voor de vervolgopdrachten natuurkunde:

- Art. 006: Coachlab II (op de meeste scholen beschikbaar)
- Stroom/spanning sensoren (zie hierna).
- Coach 5 pakketprogramma Fischertechnik (gratis downloadbaar van de CMA-site: www.cma.science.uva.nl)
- Fischertechnik connectorset voor CoachLab II (art. 04999)

Gebruik voltmeter bij de kennismakingsopdrachten

Buiten de Profi Eco Power bouwdoos is een voltmeter nodig. Afhankelijk van het type voltmeter kan het handig zijn om hiervoor verloopstekkertjes te gebruiken. Deze verloopsnoertjes kunt u zelf maken met losse bananastekkers of met de stekkers uit de connectorset. Voor de kennismakingsopdracht met de windmolen is het aan te bevelen om het ledje uit de connectorset te gebruiken. De connectorset is los bij CMA te bestellen.

Computergebruik bij de vervolgoeddrachten

Raadpleeg de Coach helpbladen (zie bijlage) voor nadere informatie over de aansluiting van modellen op CoachLab II en over de bijbehorende software.

Interface

Coachlab II wordt via een vrije COM-poort op de PC aangesloten. Raadpleeg daarvoor de handleiding van CoachLab II. Heeft uw computer alleen USB-poorten dan moet u gebruik maken van een USB naar Serieel omzetter (verkrijgbaar bij de computer speciaal zaak).

Stroom/spanning sensoren

Voor het meten van stroom en spanning adviseren we de stroomsensor (art. 0222i) en de spanningssensor (art. 0210i). De spanning kan ook rechtstreeks door de Coachlab II worden gemeten. Hierbij worden de zwarte en de gele ingang van de Coachlab gebruikt. Ook de stroom/spanning-sensorset (art. 0384 bt) is een bruikbaar alternatief.

De activiteiten in Coach zijn standaard ingesteld op het gebruik van de meest recente sensoren (0222i en 0210i). In de kantlijn ziet u de andere sensoren staan. Met verslepen kunt u de meetinstellingen van het programma aanpassen aan de sensoren die op uw school beschikbaar zijn.

Connectorset

Voor het aansluiten van een model op Coachlab II zijn verloopsnoeren nodig van Fischertechnikstekers naar 4 mm stekers voor Coachlab II. Hiervoor is een aanvullingssetje samengesteld. Deze connectorset bestaat uit:

- 4 mm bananensteekers (3x groen, 3x rood)
- 2 meter tweelingdraad
- 2x BT-plug met draad voor aansluiting van een sensor op ingang 1 of 2.
- Ledje

Software

Een Coach 5 pakketprogramma² bij dit lesmateriaal kunt u gratis vanaf de CMA-site downloaden: www.cma.science.uva.nl. In deze software staan projecten met lesactiviteiten (zie ook de Coach helpbladen) voor leerlingen klaar. Voor de installatie heeft u de bij de aanschaf van de Profi Eco Power bouwdoos meegeleverde instituutsnaam en bijbehorende licentiecode nodig.

Installatieinstructies treft u aan in de bijbehorende installatiehandleiding.

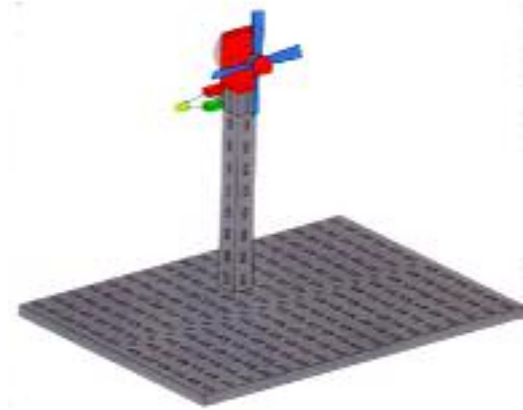
Scholen die over een docentversie van Coach 5 (de uitgebreide schoollicentieversie) beschikken kunnen - na installatie van het pakketprogramma - de bijbehorende projecten in de docentversie importeren. Raadpleeg daartoe de handleiding van Coach 5.

² Een pakketprogramma is een beperkte versie van Coach 5 bij een bepaalde interface.

TECHNIEK: De windmolen

Met de windmolen kun je bewegingsenergie in elektrische energie omzetten. Door te blazen komt de windmolen in beweging en geeft genoeg elektrische energie om een ledje te laten branden. Voor deze proef is het het handigst om het ledje uit het aanvulsetje te gebruiken.

Met deze opdracht kijk je of je de windmolen zo kunt aanpassen dat deze meer of langer energie geeft.



Ontwerpopdracht

Pas het ontwerp van de windmolen aan om het ledje langer te laten branden als je er tegenaan blaast.

Bouwen

Bouw de windmolen volgens de aanwijzingen in de handleiding (pagina 10).

Testen

Blaas tegen de rotor en kijk of het lampje brandt. Het is handig om dit proefje met z'n tweeën te doen. Als je zelf blaast is het soms moeilijk om het ledje te zien.

1. Brandt het ledje? Zo ja, hoe lang?
2. Moet je hard blazen om de molen te laten draaien?

Antwoorden op vraag 1 en 2

Verbeteren

Verbeter de windmolen door de wieken groter te maken. Je kunt plastic of karton op de bestaande wieken plakken.

3. Wat is een voordeel van grotere wieken?
4. Wat is een nadeel van grotere wieken?
5. Welke eisen stel je aan het materiaal dat je gebruikt om de wieken te vergroten?

Antwoorden op vraag 3, 4 en 5

Door anders te blazen kan de windmolen misschien beter draaien. Je kunt bijvoorbeeld de richting van waaruit je blaast veranderen of een kokertje maken waar je doorheen blaast.

6. Maakt het uit hoe je blaast? Recht van voren of een beetje van opzij?
7. Brandt het ledje langer als je door een kokertje blaast?

Antwoorden op vraag 6 en 7

Bedenk andere manieren om de windmolen beter te laten draaien. Wat is volgens jou de oplossing van de ontwerpopdracht?

Oplossing van de ontwerpopdracht

NATUURKUNDE: De windmolen



Met de windmolen kun je bewegingsenergie omzetten in elektrische energie. Door te blazen komt de windmolen in beweging en geeft genoeg elektrische energie om een ledje te laten branden. Voor deze proef is het het handigst om het ledje uit het aanvulsetje te gebruiken.

Met deze opdracht onderzoek je de spanning die de windmolen levert. Hoe lang kun je het ledje laten branden en vanaf welke spanning geeft het ledje licht?

Onderzoeksvragen

Hoe groot is de spanning die de windmolen maximaal kan leveren?

Bij welke spanning brandt het ledje?

Hoe moet het ledje aangesloten worden?

Gebruik

Blaas tegen de rotor en kijk of het lampje brandt. Het is handig om dit proefje met z'n tweeën te doen. Als je zelf blaast is het soms moeilijk om het ledje te zien.

Rol van papier een koker of neem een WC-rol en onderzoek of het ledje langer brandt als je daar doorheen blaast.

1. Brandt het ledje? Zo ja, hoe lang?
2. Brandt het ledje langer als je door een kokertje blaast?
3. Brandt het ledje langer als je met z'n tweeën blaast?
4. Brandt het ledje ook als je het andersom aansluit, dus rood op groen?

Antwoorden op vraag 1, 2, 3 en 4

Onderzoek

We sluiten een voltmeter aan op de windmolen. Een voltmeter meet hoe hoog de elektrische spanning is, de eenheid van elektrische spanning is de Volt. Sluit de pluspool van de voltmeter aan op het rode stekkertje van de windmolen, sluit de minpool van de voltmeter aan op het groene stekkertje van de windmolen.

5. Hoe groot is de maximale spanning die je kunt halen als je alleen, zonder een kokertje te gebruiken, blaast?
6. Bij welke spanning begint het ledje te branden?
7. Wat is de maximale spanning die je kunt halen en op welke manier doe je dat? (Blaas met zoveel mogelijk mensen tegelijk, gebruik een kokertje of andere hulpmiddelen)

Antwoorden op vraag 5, 6 en 7

Verwissel nu de stekkertjes van het ledje, dus rood op groen en groen op rood. De voltmeter laat je zoals deze was.

8. Brandt het ledje? Zo ja, hoe lang?
9. Wat is de maximale spanning die je kunt halen als je alleen, zonder een kokertje te gebruiken, blaast?
10. Verklaar waarom het ledje wel of niet brandt.

Antwoorden op vraag 8,9 en 10

Beantwoorden

Lees de onderzoeksvragen aan het begin van dit werkblad nog een keer. Probeer ze zo goed mogelijk te beantwoorden. Het woord 'led' is een afkorting. Ga na wat deze afkorting betekent. Kun je hiermee iets meer zeggen over je conclusies?

Antwoord op de onderzoeksvragen

VERVOLGONDERZOEK: De windmolen

Je hebt al kennis gemaakt met de windmolen. De windmolen levert spanning, de molen wordt een spanningsbron. Andere spanningsbronnen zijn bijvoorbeeld een batterij, de dynamo van je fiets of een accu. Met deze vervolgopdracht doe je onderzoek naar de spanning die de windmolen levert.

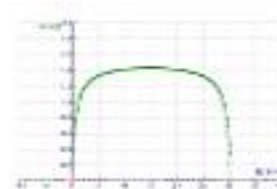
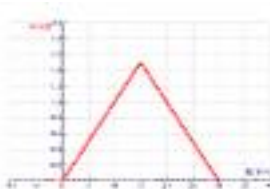
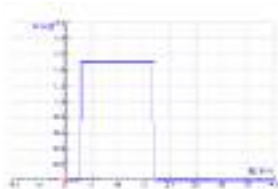


Onderzoeksvraag

Hoe kun je aan de spanning-tijdgrafiek van de windmolen zien of deze werd aangeblazen of aangetikt?

Voorspellen

Wanneer je met een gewone voltmeter aan de windmolen meet zie je ineens het wijzertje uitslaan en kun je de maximale spanning aflezen. Het verloop van de spanning kun je niet volgen. Met Coach is dit spanningsverloop wel te volgen. Voor een bepaalde maximumspanning zijn er verschillende mogelijkheden voor het verloop. Hieronder zijn drie mogelijkheden getekend.



Teken nu in de figuur op het antwoordblad hoe jij denkt dat de spanning-tijdgrafiek van de windmolen eruit ziet als jij er tegenaan blaast.

1. Wat verwacht jij als maximale spanning? Heb je daarbij rekening gehouden met het resultaat van de meting die je eerder hebt uitgevoerd met een voltmeter?
2. Verwacht je een symmetrische grafiek? Waarom wel, waarom niet?

Antwoorden op de vragen 1 en 2

Teken nu in de figuur op het antwoordblad de spanning-tijdgrafiek die je verwacht als je de windmolen een tik met je vinger geeft.

3. Wat zijn de verschillen en overeenkomsten met de eerder getekende grafiek? Verklaar deze verschillen en overeenkomsten.

Antwoorden op vraag 3

Metingen uitvoeren

Kijk in het werkblad 'Coach helpbladen' voor het juist aansluiten van de sensoren. Start de meting en blaas direct tegen de windmolen. Als de meting bruikbaar is, teken je de grafiek na op het antwoordblad (voer anders de meting nogmaals uit). Herhaal de meting voor het geval dat je de molen aantikt. Teken ook die meting op het antwoordblad.

4. Bij welke methode (blazen of tikken) wordt de spanning het hoogst?
5. Wat is het verschil tussen je voorspelling en de werkelijke meting bij aanblazen?
6. Wat is het verschil tussen je voorspelling en de werkelijke meting bij aantikken?

Antwoorden op de vragen 4, 5 en 6

Zowel bij aanblazen als bij aantikken ontstaat er een soort bergje, de spanning neemt eerst toe en daarna neemt de spanning weer af.

7. Verklaar de verschillen en overeenkomsten tussen de twee spanning-tijdgrafieken voor de oplopende spanning.
8. Verklaar de verschillen en overeenkomsten tussen de twee spanning-tijdgrafieken voor de dalende spanning.

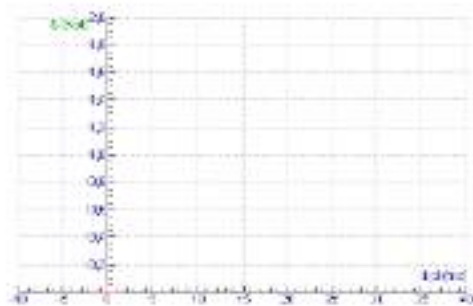
Antwoorden op de vragen 7 en 8

Geef nu een duidelijk en volledig antwoord op deze onderzoeksvraag.

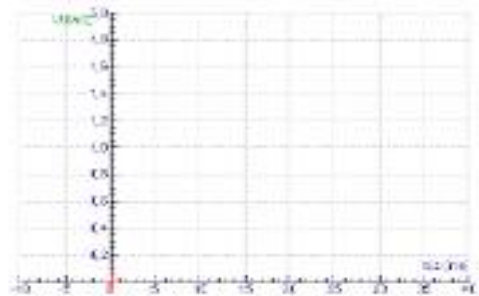
Antwoord op de onderzoeksvraag

Antwoordblad bij 'Vervolgonderzoek windmolen'

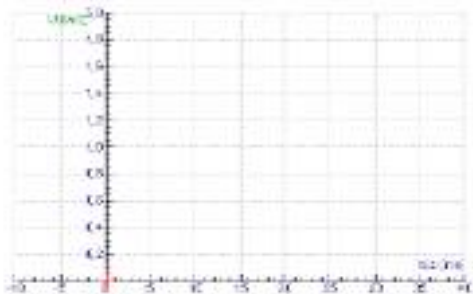
voorspelling 'blazen'



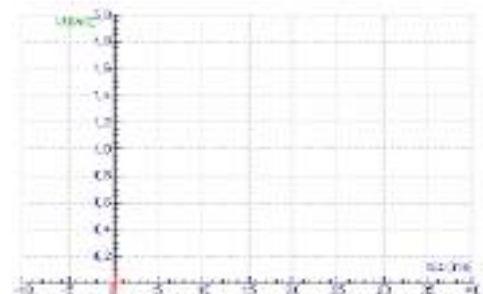
voorspelling 'aantikken'



meting 'blazen'

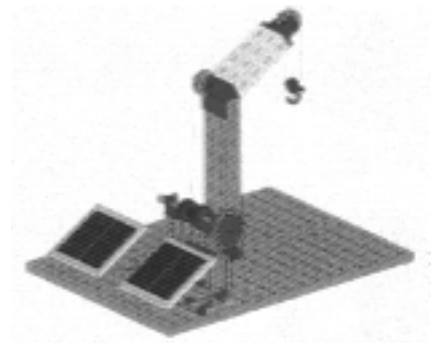


meting 'aantikken'



TECHNIEK: De hijskraan

Met deze opdracht onderzoek je hoe de hijskraan het beste aangedreven kan worden. Bouw eerst de hijskraan zoals in de bouwhandleiding staat. Voer daarna een aantal testjes uit om te kijken hoe de hijskraan werkt. Uiteindelijk doe je een voorstel om de hijskraan aan te passen.



Ontwerpopdracht

Ontwerp een hijskraan die een zwaardere last kan hijsen dan de hijskraan uit het boekje. Zorg er voor dat de hijskraan zowel omhoog als omlaag kan.

Bouwen

Bouw de hijskraan volgens de instructie uit de bouwhandleiding (bladzijde 20 en verder).

Testen

Hang de haak halverwege het grondvlak en de bovenkant van de hijskraan.

1. Wat gebeurt er als beide zonnecellen even sterk belicht worden?
2. Wat gebeurt er als je de linker zonnecel afdekt met je hand?
3. Wat gebeurt er als je de rechter zonnecel afdekt met je hand?

Antwoorden op vraag 1, 2 en 3

Hijs nu met de hijskraan verschillende voorwerpen omhoog. Neem bijvoorbeeld een paperclip, een puntenslijper of een pennendop.

4. Wat is het zwaarste voorwerp dat je nog net met deze lichtsterkte omhoog kunt hijsen?
5. Welke zonnecel gebruik je voor het omhoog hijsen (de linker of de rechter)?
6. Hoe kun je zien dat omhoog hijsen meer moeite kost dan omlaag laten zakken? Geef hier een verklaring voor.

Antwoorden op vraag 4 , 5 en 6**Verbeteren**

Wanneer je de hijskraan wilt verbeteren kun je kijken wat er gebeurt als je de zonnecellen anders schakelt. Je kunt ook het model aanpassen. Denk na wat volgens jou de hijskraan kan verbeteren, overleg dit met anderen en probeer het uit.

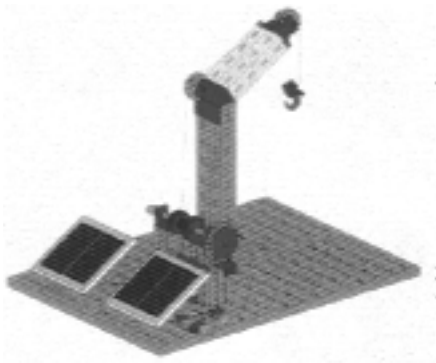
7. Wat kun je veranderen aan de manier waarop de zonnecellen geschakeld zijn?
8. Wat is het effect van deze verandering?
9. Wat kun je veranderen aan de hijskraan zelf?
10. Wat is het effect van deze verandering?
11. Zijn er nog andere dingen die je kunt aanpassen, wat is daarvan het effect?

Antwoorden op vraag 7 t/m 11

Lees de ontwerpopdracht nog eens. Kun jij nu bedenken wat je moet doen om de hijskraan ook naar beneden te laten gaan?

Antwoord op de ontwerpopdracht

NATUURKUNDE: De hijskraan



De hijskraan wordt aangedreven door twee zonnecellen. Deze zonnecellen kunnen op verschillende geschakeld worden.

Met deze opdracht meet je aan de zonnecellen. Als je deze metingen gedaan hebt dan weet je hoe je de zonnecellen moet schakelen om de hijskraan goed aan te sturen.

Onderzoeksvraag

Hoe maak je de spanning die op de motor komt te staan zo hoog mogelijk?

Gebruik

Bevestig de blauwe rotor op het motortje. Sluit de zonnecel aan op het motortje. Sluit het kleur op kleur aan: dus rood op rood en groen op groen. Hou de zonnecel in het licht en kijk van voren naar de rotor.

1. Draait de rotor met de klok mee of tegen de klok in?
2. Wat gebeurt er met de rotor als je de zonnecel gedeeltelijk afdekt?
3. Wat is de draairichting van de rotor als je de aansluitpunten verwisselt, dus rood van de zonnecel op groen van de motor (en groen op rood)?

Antwoorden op vraag 1, 2 en 3

Onderzoek

We koppelen het motortje los en sluiten de zonnecel aan op een voltmeter. Een voltmeter meet hoe hoog de elektrische spanning is, de eenheid van elektrische spanning is de Volt. Sluit de zonnecel aan op de voltmeter. Hou de zonnecel in het licht en kijk wat de voltmeter aanwijst.

4. Hoe verandert de spanning die de zonnecel afgeeft als de zonnecel meer licht krijgt?
5. Hoe groot is de maximale spanning die een enkele zonnecel afgeeft?



Antwoorden op vraag 4 en 5

Pak nu de andere zonnecel erbij en verbind de twee zonnecellen met elkaar. Meet met de voltmeter hoe groot de spanning is die nu wordt afgegeven. Je kunt de zonnecellen op verschillende manieren met elkaar verbinden. Een manier is gegeven in de tekening hier linksonder. Deze manier van schakelen heet 'anti-parallel'.

Antwoord op vraag 6



Antwoord op vraag 7 en 8

Antwoord op vraag 7 en 8

6. Schakel de twee zonnecellen antiparallel en meet de maximale spanning die je hiermee krijgt. Schrijf deze maximale spanning in de tekening erbij.
7. Kies twee andere mogelijkheden om de zonnecellen te schakelen en teken deze duidelijk na. In elk leeg vakje hierboven teken je een schakeling.
8. Schrijf in elk vakje de maximale spanning die je bij deze 'schakeling' meet.

Beantwoorden

Lees de onderzoeksvragen aan het begin van dit werkblad nog een keer. Probeer ze zo goed mogelijk te beantwoorden. (hierbij gaat het er vooral om wat jij vindt dat een hijskraan moet kunnen).

Antwoord op de onderzoeksvraag

VERVOLGONDERZOEK: De hijskraan

De hijskraan wordt gevoed door twee zonnecellen. De ene zonnecel zorgt ervoor dat de haak van de hijskraan omhoog gaat, de andere zonnecel laat de haak van de hijskraan omlaag gaan. Als beide zonnecellen even sterk belicht worden gebeurt er niets. Je kunt de hijskraan omhoog of omlaag laten gaan door en van de twee zonnecellen minder te belichten dan de ander.

Met deze vervolgoopdracht doe je onderzoek naar de effecten op spanning en de stroom bij het op en neer hijsen van een voor de hijskraan zware last.



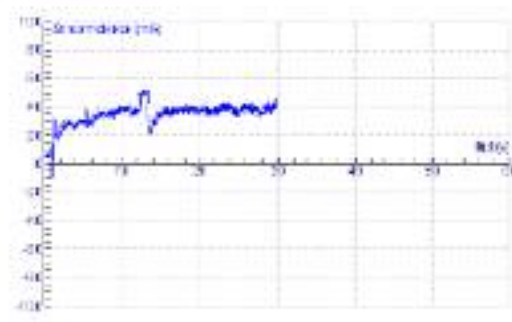
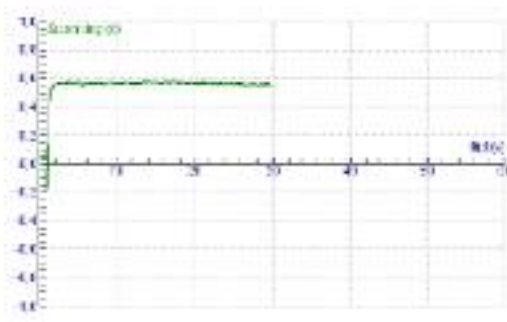
Onderzoeksvraag

Hoe verschillen stroom en spanning van elkaar bij het omhoog en omlaag hijsen van een zware last?

Voorspellen

In onderstaande grafieken is spanning en stroom weergegeven voor de hijskraan die een voorwerp omhoog hijst. De ene zonnecel wordt belicht. De andere is afgedekt. De meting is weergegeven voor de eerste 30 seconden. Vanaf 30 seconden laat de hijskraan het voorwerp omlaag zakken. Dit wordt gedaan door nu de andere zonnecel af te dekken.

Teken op dit blad in de linker figuur hoe jij denkt dat het verdere verloop van de spanning-tijdgrafiek eruit ziet. Teken in de rechter figuur hoe jij denkt dat het verdere verloop van de stroom-tijdgrafiek eruit ziet.



1. Je ziet dat de spanning-tijdgrafiek redelijk constant is. Hoe kan dat, waardoor wordt deze spanning bepaald?
2. De stroom-tijdgrafiek 'bibbert' veel meer. Hoe kan dat, waardoor wordt deze stroomsterkte bepaald?
3. Je hebt een voorspelling gedaan voor spanning en stroomsterkte na 30 seconden. Licht je voorspelling toe.

Antwoorden op de vragen 1, 2 en 3

Metingen uitvoeren

Kijk in het werkblad 'Coach helpbladen' als je wilt weten hoe je de sensoren juist aansluit. Open de activiteit 'Meten aan de hijskraan'. Meet stroomsterkte en spanning terwijl je de hijskraan eerst omhoog en daarna omlaag laat hijsen.

4. Verklaar overeenkomsten en verschillen tussen de spanningen bij omhoog- en omlaag hijsen.
5. Verklaar overeenkomsten en verschillen tussen de stroomsterktes bij omhoog- en omlaag hijsen.
6. Stroom en spanning bepalen samen het vermogen. Als je in de les al iets van vermogen geleerd hebt dan kun je nu verklaren waarom er een verschil in vermogen is tussen omhoog- en omlaag hijsen.

Antwoorden op de vragen 4, 5 en 6

Uitwerkingen van de opdrachten

1. De windmolen



Het ledje zoals dat standaard door Fischer geleverd wordt is met het blazen van de windmolen maar moeizaam aan het branden te krijgen. Vandaar dat er in het aanvullingssetje een ledje zit dat wat makkelijker werkt. Voor alle proeven waar binnen dit project een ledje nodig is adviseren we het ledje uit de aanvullingsset.

Techniek

1. Het ledje moet wel gaan branden. In de praktijk is het soms lastig te zien.
2. Het aan de gang krijgen van de rotor kost niet heel veel moeite. Zo hard blazen dat ook het ledje gaat branden is wat lastiger.
3. Door vergroten van de wieken neemt het oppervlakte toe, hierdoor zouden de wieken bij eenzelfde windsnelheid sneller gaan draaien.
4. Nadeel van het vergroten van de wieken is dat ook de massa toeneemt. De wieken komen moeilijker op gang.
5. Materiaal om de wieken te vergroten moet dus licht en stevig zijn. In de praktijk blijkt plakband goed te voldoen.
6. Het blijkt dat recht van voren blazen het meeste effect heeft.
7. Door een kokertje blazen heeft alleen effect als het gaat om het goed richten van de luchtstroom.

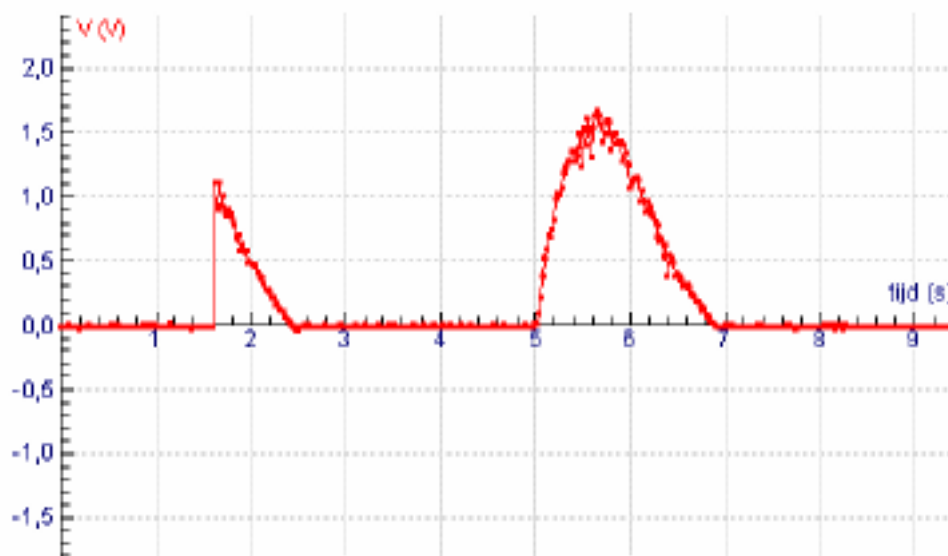
Natuurkunde

1. Het ledje moet wel gaan branden. In de praktijk is het soms lastig te zien.
2. Het effect van het door een kokertje blazen is minimaal.
3. Bij goede samenwerking kun je met z'n tweeën het lampje langer laten branden.
4. Bij andersom aansluiten brandt het ledje niet.
5. Het maximum zal tegen de 2,0 V liggen.
6. Het door Fischer geleverde ledje begint waarneembaar te branden vanaf 2 V. Het ledje uit de aanvullingsset brandt vanaf ongeveer 1,5 Volt.
7. Afhankelijk van de omstandigheden, met een ventilator is iets meer dan 2,0 Volt haalbaar. Nu zullen leerlingen dit met blazen niet halen.

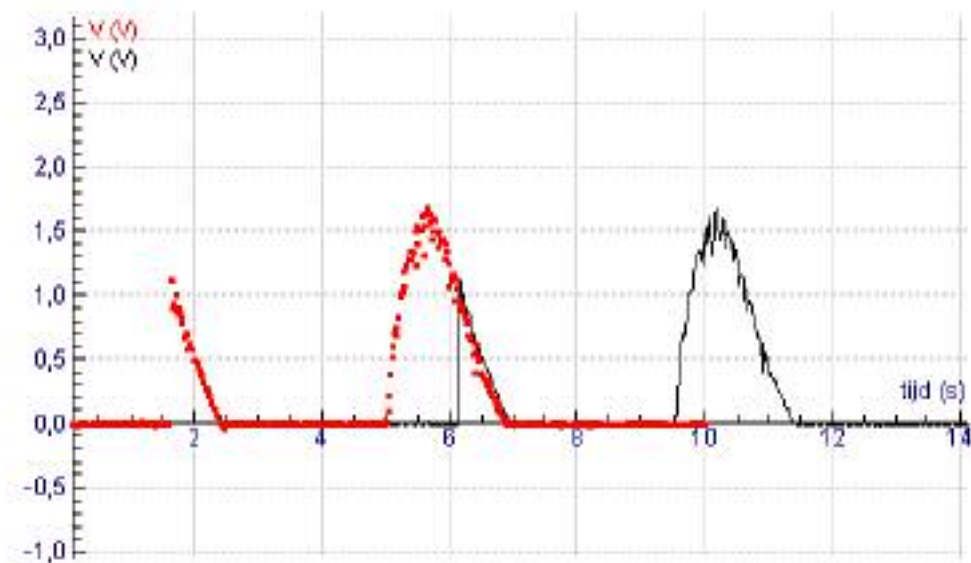
8. Bij andersom aansluiten brandt het ledje niet.
9. Nu wordt dezelfde grootte van spanning gehaald alleen het teken is omgekeerd.
10. Het ledje brandt alleen bij een positieve spanning vanaf 1,5 Volt.

Vervolgopdracht

1. Wat een leerling verwacht is moeilijk te zeggen. In principe is een maximale spanning van 2,0 volt haalbaar. De meting is met voltmeter eerder uitgevoerd, hier is het spanningsverloop niet te volgen, maar de maximumspanning is wel te bepalen.
2. Bij blazen wordt de rotor langzaam in beweging gezet, zolang er geblazen wordt blijft de rotor min of meer even snel draaien, als het blazen stopt valt de rotor langzaam stil. De grafiek zal dus redelijk symmetrisch zijn.
3. Het zal per meting verschillen, hieronder staat een meting waarbij eerst de windmolen werd aangetikt ($t=1,6$ s) en daarna werd aangeblazen ($t=5,0$ s).



Het is goed te zien dat bij het aantikken de rotor onmiddellijk in beweging komt en dus direct een spanning levert. Omdat er maar een tik is neemt de spanning hierna geleidelijk af. Bij het blazen zien we dat de beweging even nodig heeft om op gang te komen. De rotor is wel langer aan het bewegen. Wat verder opvalt is dat vanaf ongeveer 6 seconden de grafiek vrijwel identiek is aan de eerdere grafiek. Op 6 seconden was er nagenoeg geen blaaskracht meer, de draaiende rotor valt langzaam stil. In onderstaande figuur is de bovenstaande meting tweemaal gegeven waarbij een van de grafieken verschoven is. Uit de figuur blijkt duidelijk de overeenkomst tussen de twee metingen. Hier wordt bij de vragen 7 en 8 verder op ingegaan.



4. en verder: Dat hangt natuurlijk sterk van de omstandigheden af. Uit de gegeven metingen blijkt wel dat aantikken en aanblazen ongeveer een even grote spanning opleveren.
5. Het verschil tussen de voorspelling van een leerling en de werkelijke meting is in een antwoordblad niet aan te geven.
6. Zie 5.
7. Zoals ook in de figuur in dit antwoordblad te zien is komt de spanning bij aanblazen geleidelijk op gang en bij aantikken onmiddellijk. Voor het oplopen van de spanning is er vooral een verschil tussen de twee grafieken.
8. Wanneer de aandrijvende krachten wegvallen (of dit nu blazen of tikken is) valt de spanning langzaam weg. Dit hangt alleen af van de wrijvingskrachten op de motor, voor beide manieren van aantikken is dit identiek. Voor het dalen van de spanning is er dus vooral een overeenkomst tussen de twee grafieken

Binnen een klas is het raadzaam om wanneer de leerlingen deze proef uitgevoerd hebben het met de groep na te bespreken. Hierbij kunnen maximale spanningen en de duur van de spanningspuls met elkaar worden vergeleken.

2. De hijskraan



De hijskraan zoals deze in de Fischerhandleiding beschreven wordt kan zowel omhoog als omlaag hijsen. De ene zonnecel wil de hijskraan omhoog bewegen, de andere zonnecel wil de hijskraan omlaag bewegen. Wanneer beide zonnecellen even sterk belicht worden staat de hijskraan stil. Wanneer een van de twee zonnecellen sterker belicht wordt dan 'wint' deze het van de andere. Gebruik voor het belichten van de zonnecel direct zonlicht of een gloeilamp, TL-verlichting is niet geschikt.

Techniek

1. Als beide zonnecellen even sterk belicht worden gebeurt er niets. Het motortje dat de hijskraan bestuurt gaat draaien wanneer er een voldoende grote spanning op staat. De twee zonnecellen zijn zogenaamd antiparallel geschakeld dat wil zeggen dat de spanningen die ze beide leveren van elkaar afgetrokken moeten worden. Bij even sterke belichting is de spanning die elke van de twee levert (bijna) even groot. Als je die twee van elkaar aftrekt blijft er zo'n lage spanning over dat het motortje niets doet.
2. Wanneer de linker zonnecel wordt afgedekt levert deze geen spanning meer. Het motortje wordt dus aangestuurd door de spanning die de rechter zonnecel geeft. Wanneer de opstelling precies volgens de handleiding gebouwd is beweegt de hijskraak omhoog.
3. Wanneer de rechter zonnecel wordt afgedekt levert deze geen spanning meer. Het motortje wordt dus aangestuurd door de spanning die de linker zonnecel geeft. Wanneer de opstelling precies volgens de handleiding gebouwd is beweegt de hijskraak omlaag. Wanneer ergens tijdens het bouwen twee draadjes zijn verwisseld kunnen de antwoorden omgedraaid worden. Essentieel is dat bij vraag 2 en 3 de hijskraak twee verschillende richtingen op beweegt.
4. Sterk afhankelijk van de omstandigheden. Een paperclip moet eigenlijk altijd wel lukken. Een pennendop of gummetje wordt weer wat lastiger.
5. Zie vraag 2 en 3.
6. Omhoog hijsen gaat langzamer, soms lukt het helemaal niet terwijl het beheerst omlaag laten zakken van het voorwerp wel mogelijk is. Dit komt omdat omhoog hijsen meer vermogen vraagt.
7. De zonnecellen kunnen parallel of serie geschakeld worden.
8. Het effect van serie schakelen is dat de zonnecellen samen een hogere spanning kunnen leveren. Het effect van parallel schakelen is dat de stroomsterkte die de schakeling dan levert hoger is. In beide gevallen moet de hijskraan 'sterker' worden maar het hangt van de omstandigheden (lichtsterkte, zwaarte van de hijslast) af welke ingreep de grootste verbetering geeft. Door parallel of serie schakelen werken de zonnecellen samen: de hijskraan kan nog maar een kant op, omhoog of omlaag. Om de 'hijsrichting' te veranderen moeten er wat draadjes verwisseld worden.
9. Met overbrengconstructies d.m.v. tandwielletjes kan een verzet worden ingebouwd.

10. Een verzet bouw je in als je een lichte last die makkelijk te tillen is sneller omhoog wilt hijsen of als je een zwaardere last die normaal gesproken niet omhoog komt heel langzaam omhoog wilt hijsen. Bij deze aanpassingen gaan kracht en snelheid ten koste van elkaar*.
11. De leerlingen kunnen verschillende mogelijkheden aandragen, hierbij gaat het vooral om de argumentatie. Wat je bijvoorbeeld zou kunnen verwachten is het uitbreiden met nog meer zonnecellen (als die voorhanden zijn) of de goldcap (door leerlingen die hier al eerder kennis mee hebben gemaakt). Een andere mogelijkheid is het vergroten van de lichtsterkte waardoor de zonnecellen meer energie gaan leveren.

Commentaar bij de ontwerpopdracht

De leerlingen kunnen voor verschillende aanpassingen kiezen. In alle gevallen zal het zo zijn dat het vergroten van de hijskracht ten koste gaat van het twee richtingen op kunnen gaan. De opstelling moet aangepast worden om de hijskraan de andere kant op te laten gaan. Stimuleer leerlingen om elegantere oplossingen te bedenken dan het handmatig verwisselen van twee draadjes.

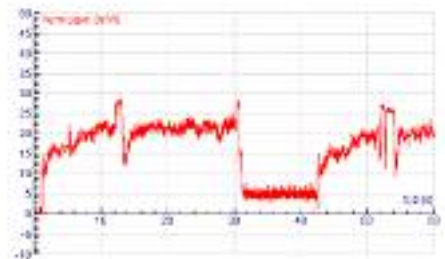
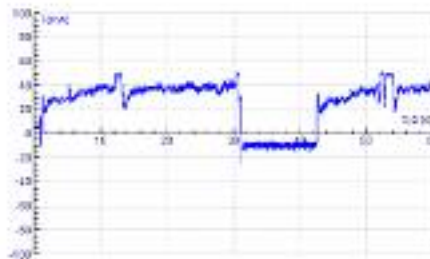
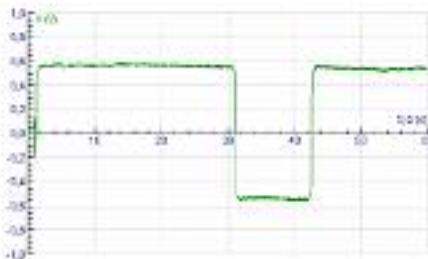
*: een interessant onderwerp voor een open opdracht

Natuurkunde

1. Wanneer zonnecel en motortje precies volgens de handleiding zijn gemaakt en kleur op kleur op elkaar worden aangesloten draait de motor met de klok mee (van vooraf gezien).
2. Gaat langzamer draaien en stopt uiteindelijk.
3. Tegen de klok in.
4. Naarmate er meer licht op de zonnecel valt neemt de afgegeven spanning toe. Bij een bepaalde lichtsterkte is de spanning maximaal (2,0 V), vanaf deze waarde heeft verder vergroten van de lichtsterkte geen zin.
5. De maximale spanning die de hier gebruikte zonnecel kan afgeven is 2,0 Volt.
6. Bij antiparallel geschakelde zonnecellen is de afgegeven spanning nul als beide zonnecellen even sterk belicht worden. In de praktijk zal een van de twee cellen iets meer licht kunnen krijgen en wordt een relatief lage spanning gemeten (maximaal circa 0,2 V)
7. Bij serie geschakelde zonnecellen is het theoretisch maximum voor de spanning 4,0 V. Bij parallel geschakelde zonnecellen is het theoretisch maximum 2,0 V.
8. Zie 7

Vervolgopdracht

1. De spanning-tijdgrafiek wordt alleen bepaald door de lichtsterkte, deze is redelijk constant.
2. De stroom-tijdgrafiek wordt bepaald door de spanning en door de elektrische weerstand van het motortje. Deze elektrische weerstand hangt weer samen met de wrijvingskrachten die het motortje bij draaien ondervindt, vandaar dat de stroom-tijdgrafiek grilliger is dan de spanning-tijdgrafiek.
3. Toelichten van de voorspelling zal uiteraard per leerling verschillen. Als leerlingen zich realiseren dat de spanning van de zonnecel alleen door de lichtsterkte wordt bepaald dan zullen ze inzien dat deze spanning van teken verandert als een andere zonnecel wordt afgedekt. De stroomsterkte zal ook van teken veranderen maar zal absoluut gezien kleiner zijn, er moet immers minder vermogen geleverd worden door de hijskraan.



In bovenstaande figuren ziet u van links naar rechts de spanning, de stroomsterkte en het vermogen weergegeven voor het achtereenvolgens omhoog hijsen, laten zakken en weer omhoog hijsen van een relatief zware last voor de hijskraan. Van begin tot 31 seconden werd de last omhoog gehesen. Daarna, tot ruim 42 seconde, ging de last omlaag.

4. De spanning is absoluut gezien telkens even groot, de lichtsterkte verandert niet. Het teken verandert wel omdat de twee zonnecellen antiparallel geschakeld zijn.
5. De stroomsterkte verandert natuurlijk van teken (hierdoor draait de motor de andere kant op). Bij het laten zakken is de stroomsterkte absoluut gezien een stuk minder dan bij het omhoog hijsen. Kennelijk is de weerstand van een zwaar belaste motor kleiner dan van een licht belaste motor.
6. Het omhoog hijsen kost meer vermogen dan het laten zakken omdat de zwaartekracht tegenwerkt. De potentiële energie van het voorwerp neemt toe. Verder valt op dat het vermogen altijd positief is.