

Temperatuurregeling

IVF-incubator



Docentenhandleiding

juni 2014

Ton van Amelsfort
Menno van Dongen
Frank Poelmans

ESOE TU Eindhoven

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	2
2.	Context	2
3.	Leertheorie en bètadidactische benadering	3
4.	Voorkennis	4
5.	Benodigde materialen	4
6.	Beschrijving lessenserie	6
7.	Leerdoelen	7
8.	Lesinstructies	8
9.	Beoordelingsmodel	9
10.	Bronmaterialen	12
11.	Literatuurlijst	12

Bijlagen:

Bijlage 1:	Lesprogramma	13
Bijlage 2:	Coach bestanden op laptop zetten	15
Bijlage 3:	Storingslijst practicumopstelling	17
Bijlage 4:	Theoretische verdieping warmteleer (docent)	19
Bijlage 5:	Antwoorden bij leerlingopdrachten van les 2 en les 3	20

1. Inleiding

Deze docentenhandleiding hoort bij de lessenserie “temperatuurregeling IVF-incubator”. De lessenserie bestaat uit 4 lessen en is ontwikkeld voor natuurkondeleerlingen van VWO 5. Het is een praktische opdracht op het gebied van technische automatisering, die gebruik maakt van het programma Coach 6 van CMA. Het centrale doel is om leerlingen kennis te laten maken met het onderwerp regeltechniek. Leerlingen gaan eerst een proces handmatig regelen en vervolgens, na bestuderen van de theorie, een automatische regeling ontwerpen. Hiertoe wordt vanuit modelvorming een algoritme opgesteld, dat wordt omgeschreven naar een computerprogramma in Coach 6. Leerlingen verzamelen tussenresultaten van de lessen in een (ontwerp)dossier en schrijven na afloop een kort verslag. Het geheel kan worden beoordeeld aan de hand van een beoordelingsmodel.

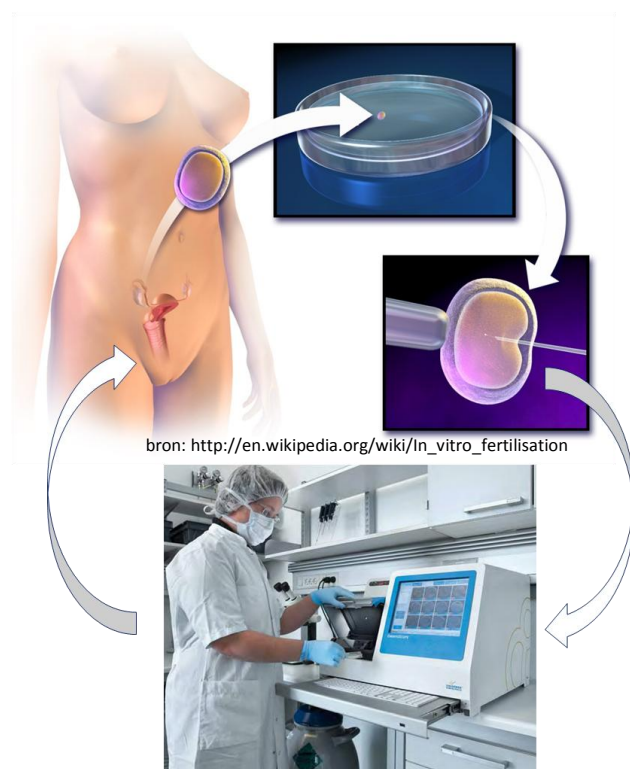
2. Context

Om de leerlingen bewust te maken van de relevantie van regeltechniek, wordt voor de lessenserie een betekenisvolle context gebruikt: “Temperatuurregeling van een IVF-incubator”.

In-vitrofertilisatie (IVF), ook wel reageerbuisbevruchting genoemd, is een techniek waarbij eicellen buiten het lichaam bevrucht worden met zaadcellen. Na inseminatie worden de eicellen bewaard in een incubator, waarin de temperatuur heel nauwkeurig constant moet worden gehouden (36,5 °C - 37,2 °C). Als dat niet gebeurt, sterft het embryo. Deze constante temperatuur kan alleen worden bereikt met een automatische temperatuurregeling.

In de lessenserie wordt de temperatuurregeling van een IVF-incubator geïmiteerd. Er is bewust gekozen voor een thema uit de biologie, omdat de verwachting is dat hierdoor NG-leerlingen en vooral ook meisjes worden aangesproken. Het zou kunnen, dat jongens deze context wat minder interessant vinden. Zij worden echter goed aangesproken door de technische inhoud.

Voor de start van de lessenserie is het zinvol om eerst het onderwerp IVF te introduceren. Hiervoor kan in een voorafgaande les (les 0) een video worden getoond en worden nabesproken.



Onderstaand zijn twee hyperlinks naar video's opgenomen. Elke video duurt ca. 5 min. De eerste video behandelt vooral het technische aspect van IVF. De tweede video gaat meer over het emotionele aspect van IVF bij aanstaande ouders.

<http://video.nationalgeographic.com/video/ivf-sci>

<https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=video&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CEUQtwlwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DGeiqYib39Rs&ei=7BY8U6uHK4G3O4z3gPAK&usq=AFQjCNGVtNQPOBe1wCOlZpmgniYriEto7g&sig2=4IRRvpD1hUFCVZGmzPQIKw>

3. Leertheorie en bètadidactische benadering

Bij het ontwerpen van de lessenserie is uitgegaan van de constructivistische leertheorie. Het constructivisme stelt de leerling als actief lerende centraal. Volgens deze leertheorie is de leerling in staat om nieuwe kennis zelf te ontwikkelen als er een aansluiting is met reeds aanwezige voorkennis (*Ertmer & Newby, 1993*). Door leerlingen te laten samenwerken kan het leereffect worden versterkt (sociaal constructivisme). De lessenserie is gebaseerd op de volgende bètadidactische benaderingen:

Context onderwijs

Er wordt gebruik gemaakt van een betekenisvolle context: "Temperatuurregeling van een IVF incubator". Deze context wordt op kleine schaal geïmiteerd door een weerstand te verwarmen en de temperatuur hiervan direct te meten met een temperatuursensor die aan Coach is gekoppeld. Aan het eind van de lessenserie wordt de leerlingen gevraagd om een transfer te maken naar andere contexten.

Probleemgestuurd onderwijs

In de lessenserie wordt de leerlingen een probleem voorgelegd. Namelijk: hoe is de temperatuurregeling te automatiseren in Coach. Ze moeten hiervoor zelf op zoek naar de benodigde informatie uit de warmteleer en wiskunde/informatica (modelleren in Coach).

Geleid heruitvinden

Het is de bedoeling dat door gerichte vraagstelling bij de opdrachten, de voorkennis bij de leerlingen zodanig wordt geactiveerd, dat ze in staat zijn om de relevante kennis voor een automatische temperatuurregeling in Coach zelf te construeren. Het idee van een proces met terugkoppeling (regelproces) is natuurlijk al heel lang geleden ontdekt. Door een goede sturing in de opdrachten, kunnen leerlingen deze kennis als het ware opnieuw uitvinden (*Bakker, 2008*).

Gebruik modelvorming, practica en ICT

Het gebruik van modelvorming, practica en ICT is belangrijk bij de begripsvorming in bètaonderwijs (*Van Eijck, 2013*). Hiervan wordt in de lessen gebruik gemaakt. Vanuit de natuurkunde (warmteleer) leren de leerlingen het proces van opwarmen en afkoelen te beschrijven in een model. Vanuit dit model gaan ze een algoritme opstellen voor het maken van een geautomatiseerde temperatuurregeling. Er worden practica gebruikt om het proces van modelvorming te ondersteunen (Les 1) en om het opgestelde algoritme in de praktijk te testen (Les 4). Bij de practica wordt gebruik gemaakt van het softwarepakket Coach. Met Coach kan worden gemodelleerd en kan ook worden gemeten en gestuurd. Voor meten en sturen wordt een interface gebruikt (CoachLab).

Modelleren in Coach is voor leerlingen begrijpelijk en vindt plaats in een eenvoudig gestructureerde programmeertaal (CoachTaal). De leerlingen kunnen hun ontworpen algoritme dus eenvoudig invoeren. Meet- en stuurgegevens kunnen in Coach overzichtelijk worden weergegeven in tabellen en grafieken. Het pakket is daarmee uitermate geschikt om een moeilijk onderwerp als regeltechniek voor leerlingen inzichtelijk te maken.

Vakoverstijgend

In de lessen komen onderwerpen aan bod uit verschillende vakken:

- Natuurkunde: warmteleer
- Wiskunde: grafieken, modelvorming, functies en vergelijkingen
- Informatica: modelvorming en programmeren
- Techniek: regelkring
- Biologie: IVF-context.

4. Voorkennis

De lessenserie is gebaseerd op de volgende voorkennis van leerlingen:

Natuurkunde:

- Begrippen: warmte Q , soortelijke warmte c , warmtecapaciteit C .
- Opwarming $Q=m.c.\Delta T$ en $Q=C.\Delta T$.
- Elektrisch vermogen $P=U.I$
- Rekenen met juiste eenheden van warmte, energie en vermogen.
- Praktische vaardigheid in aansluiten elektrische schakelingen met systeembord en Coach.

Wiskunde:

- Aflezen grafieken.
- Begrippen: helling aan de grafiek en richtingscoëfficiënt van de raaklijn.
- Oplossen van 2 vergelijkingen met 2 onbekenden.

Informatica:

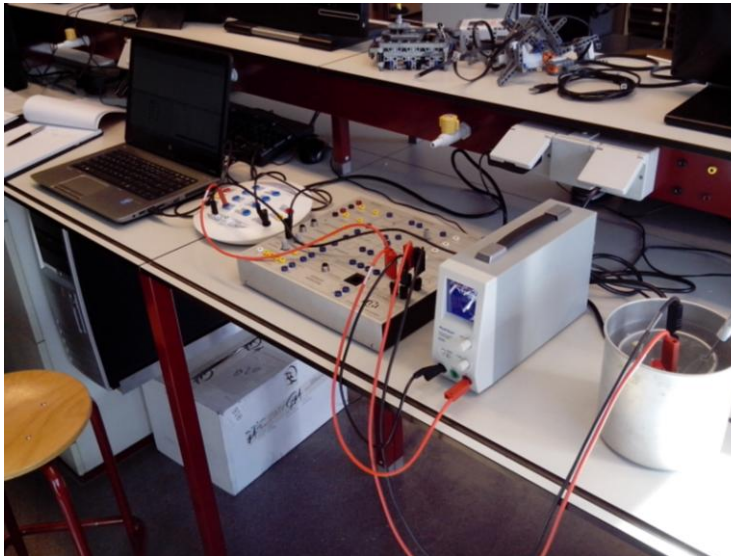
- Basiskennis van meten en sturen m.b.v. softwarepakket Coach.
- Basiskennis van Excel tabellen en grafieken maken.

5. Benodigde materialen

De lessenserie bestaat uit 4 lessen. Voor elke les is een stencil met opdrachten beschikbaar. Bij het uitvoeren van de opdrachten werken de leerlingen samen in twee- of drietallen. Per groepje nemen de leerlingen de uitgewerkte opdrachten op in een dossier. Dit dossier wordt na afloop van de lessen aangevuld met een kort verslag.

Les 2 en les 3 zijn theorielessen. Hiervoor zijn, behalve de stencils met opdrachten, geen extra materialen nodig. Les 1 en les 4 zijn practica. Naast de stencils met opdrachten zijn hiervoor de volgende materialen nodig:

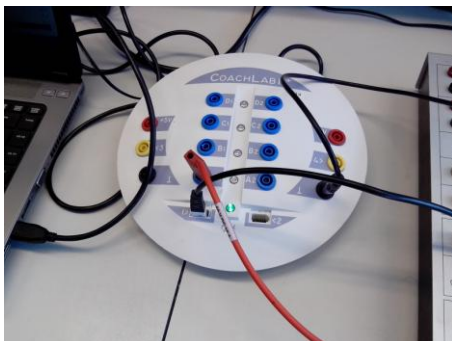
- Laptop met softwarepakket Coach 6 en twee bestanden voor les 1 en les 4
- CoachLabII+ (interface) met USB kabel en voedingskabel
- Coach Systeembord met voedingskabel
- Voeding (regelbare spanning 0-12 V en regelbare stroom 0-2 A) met voedingskabel
- Temperatuursensor Coach type TI0511 -20°C...125°C
- Sensorschoentje voor plaatsing van de sensor op de weerstand (maakdeel, b.v. solderen)
- Beker met houder voor weerstand (keramisch, 6 Ohm)
- Gedestilleerd water
- Signaalkabels 3 stuks rood en 3 stuks zwart



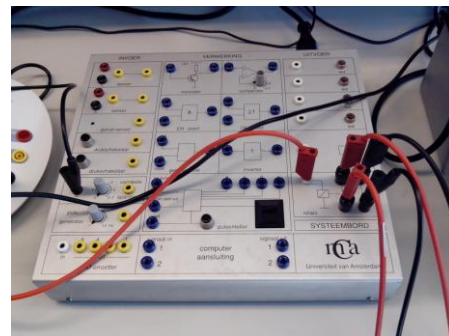
Practicumopstelling les 1 en les 4



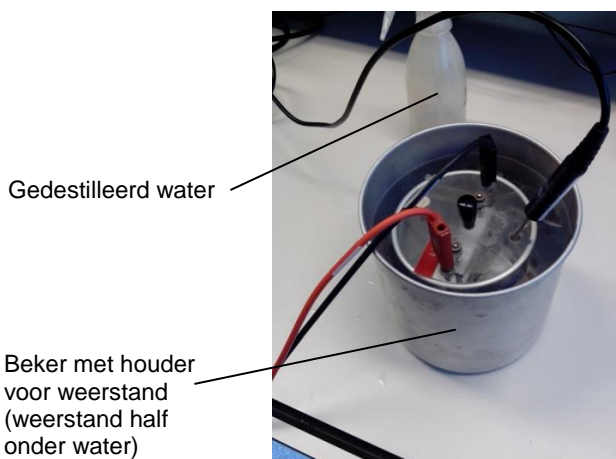
Voeding (regelbaar)



CoachLabII+ (interface)

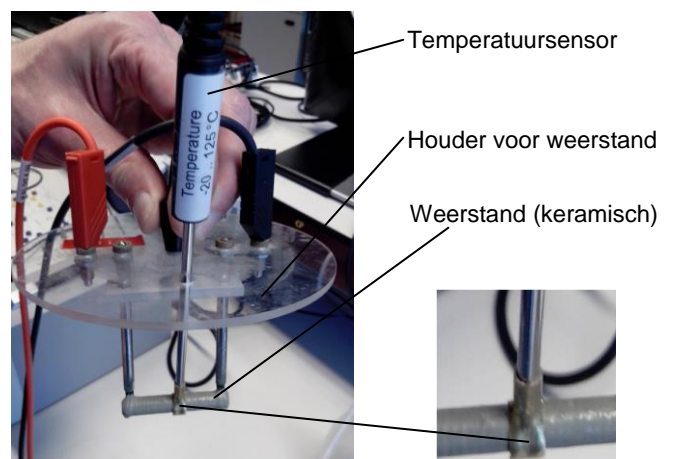


Coach systeembord



Gedestilleerd water

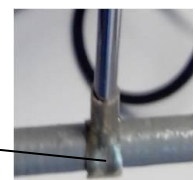
Beker met houder
voor weerstand
(weerstand half
onder water)



Temperatuursensor

Houder voor weerstand

Weerstand (keramisch)



Sensorschoentje

6. Beschrijving lessenserie

De lessenserie bestaat uit 4 lessen van 50 minuten en na de 4^e les enkele uren huiswerk voor het verslag:

- Practicum handmatige aan/uit-regeling	Les 1
- Activeren voorkennis warmteleer	Les 2
- Ontwerp regeling	Les 3
- Practicum geautomatiseerde regeling met Coach	Les 4
- Verslaglegging	Huiswerk

Practicum handmatige aan/uit-regeling (Les 1)

Na een korte introductie in het onderwerp temperatuurregeling van een IVF-incubator gaan de leerlingen in duo's een practicumopstelling bouwen. Met deze practicumopstelling wordt de IVF-incubator nagebootst. De opstelling bestaat uit een weerstand als verwarmingselement, een temperatuursensor die de temperatuur van de weerstand meet, een interface naar de laptop (systeembord en CoachLab) en het programma Coach op de laptop. Op het beeldscherm van de laptop kan in Coach een schakelaar worden bediend, die via de interface en een relais de stroomtoevoer naar de weerstand in- of uitschakelt. De temperatuur wordt gemeten met de sensor en via de interface weergegeven op het beeldscherm. Het is nu de bedoeling dat de leerlingen met handmatige bediening van de schakelaar de temperatuur van de weerstand constant proberen te houden op 36,8 °C (maximale afwijking 0,3 °C). Hiermee doen ze eigenlijk na wat er in een incubator gebeurt. Komt de temperatuur te hoog of te laag uit, dan sterft het embryo. Leerlingen ontdekken dat het systeem een traagheid heeft en dat ze de schakelaar al moeten uitschakelen voordat de gewenste temperatuur is bereikt. Door vraagsturing in de leerlingopdracht ontdekken ze welke factoren van invloed zijn op de in- en uitschakelmomenten.

Activeren voorkennis warmteleer (Les 2)

Bij les 2 is geen practicumopstelling nodig. De leerlingen werken in duo's en gaan hun voorkennis van de warmteleer activeren: o.a. de omzetting van elektrische energie naar warmte, opwarming en warmtecapaciteit met bijbehorende formules. Door sturing in de leerlingopdracht leren ze op basis van deze voorkennis een model op te stellen voor het opwarmtraject (inschakelen) en voor het afkoeltraject (uitschakelen). Uit het model en de meetgegevens uit les 1 kunnen ze de warmtecapaciteit en het warmteverlies berekenen. Deze gegevens hebben ze nodig om de temperatuurregeling in Coach te automatiseren.

Ontwerp regeling (Les 3)

Bij les 3 is geen practicumopstelling nodig. In deze les gaan leerlingen een ontwerp maken om de temperatuurregeling te automatiseren in Coach. Hiervoor worden de meetgegevens uit les 1 gebruikt en het model uit les 2. Ze gaan eerst een algoritme opstellen en in woorden te beschrijven. Daarna gaan ze het opgestelde algoritme omzetten naar een logisch programma in CoachTaal.

Om leerlingen de oplossing zelf te laten ontdekken, is een leerlingenopdracht aanwezig met gestuurde vraagstelling. In de leerlingenopdracht zijn ook relevante programmeercommando's in CoachTaal opgenomen.

Practicum geautomatiseerde regeling met Coach (Les 4)

In les 4 bouwen de leerlingen dezelfde practicumopstelling als in les 1. Ze gaan vervolgens het ontworpen programma (in CoachTaal) invoeren en werkend maken. Op die manier realiseren ze een geautomatiseerd regelsysteem in Coach, waarmee de temperatuur binnen de aangegeven grenzen constant wordt gehouden. De leerlingen ontdekken het voordeel van een geautomatiseerde regelkring ten opzichte van een handmatige bediening. Er is een leerlingenopdracht aanwezig met gestuurde instructies.

Verslaglegging (Huiswerk)

Na de 4^e les maken de leerlingen thuis een verslag van de uitvoering en bevindingen. Om te toetsen of leerlingen de essentie van een regelsysteem begrepen hebben, wordt een transfer gevraagd naar toepassingen van regelsystemen in het dagelijks leven. Het verslag wordt met een cijfer beoordeeld op structuur en inhoud. Hiervoor is een beoordelingsmodel beschikbaar (zie hoofdstuk 9).

7. Leerdoelen

Practicum handmatige aan/uit-regeling (Les 1), leerdoelen:

- De leerling kan een eenvoudige praktische opdracht uitvoeren om de temperatuur van een vloeistof te meten en handmatig te regelen.
- De leerling ontdekt dat de trage reactie van het systeem invloed heeft op zijn schakelmomenten en op de gewenste eindtemperatuur.

Activeren voorkennis warmteleer (Les 2), leerdoelen:

- De leerling kan het natuurkundige proces van opwarmen en afkoelen beschrijven in een model op basis van voorkennis uit de warmteleer.
- De leerling kan de warmtecapaciteit C van het systeem bepalen op basis van het model en de meetgegevens uit Les1
- De leerling kan de helling (richtingscoëfficiënt) van de temperatuur-tijd-grafiek verklaren vanuit het model en de meetgegevens uit Les1

Ontwerp regeling (Les 3), leerdoelen:

- De leerling kan een ontwerp voor een geautomatiseerde temperatuurregeling maken door een algoritme op te stellen en in woorden te beschrijven.
- De leerling kan het opgestelde algoritme omzetten naar een logisch programma in CoachTaal.

Practicum geautomatiseerde regeling met Coach (Les 4), leerdoelen:

- De leerling kan het ontworpen programma (in CoachTaal) invoeren en werkend maken.
- De leerling kan de regelkring beschrijven aan de hand van de componenten in het systeem.
- De leerling ontdekt het voordeel van een geautomatiseerde regelkring ten opzichte van een handmatige bediening.

Verslaglegging (Huiswerk), leerdoelen:

- De leerling kan een gestructureerd verslag maken.
- De leerling kan de uitvoering van het experiment beschrijven, de uitkomst analyseren en hieruit conclusies trekken.
- De leerling kan een transfer maken naar andere regelsystemen in het dagelijks leven.

8. Lesinstructies

- 1) Vóór uitvoering van de lessen is het aan te raden om het lesprogramma te bestuderen (zie bijlage 1). Hierin zijn per les de activiteiten met een tijdinschatting weergegeven.
- 2) Alle laptops die gebruikt worden bij de practica (les 2 en les 4) moeten worden voorzien van de juiste Coachbestanden. Als de leerlingen deze bestanden in Coach openen, kunnen ze direct aan de slag. De bestanden zorgen voor de goede lay-out van grafieken en tabellen en bevatten de procedures voor de benodigde Coachcommando's.

Voor les 1 is nodig bestand: [IVF les 1 zelf sturen met Coach.cmr](#)

Voor les 4 is nodig bestand: [IVF les 4 geautomatiseerd sturen.cmr](#)

De instructie om deze bestanden op de laptop te zetten, is te vinden in bijlage 2.

- 3) Bij het vullen van de beker met (gedestilleerd) water, is het belangrijk dat de weerstand half wordt ondergedompeld. Te weinig of te veel water beïnvloedt de meting nadelig.
- 4) Er moet een voorziening worden getroffen om de temperatuursensor op de juiste positie bij de weerstand te houden. Dit is nodig om een goede meting te waarborgen. Hiervoor kan het beste een "sensorschoentje" worden gesoldeerd (zie afbeelding blz. 5).
- 5) Het is belangrijk dat de docent de practica eerst zelf uitprobeert om bekend te raken met de proeven en de compatibiliteit van systemen (Coach 6 en Coachlab II+). Ook de TOA moet goed op de hoogte worden gebracht van de inhoud van de practica.
- 6) Om geen kostbare tijd bij uitvoering van de practica te verliezen, adviseren wij om de leerlinggroepen van te voren samen te stellen en alle benodigde materialen van te voren klaar te zetten (bij voorkeur één bak met materialen per groepje).
- 7) In bijlage 3 is een lijst opgenomen met belangrijke aandachtspunten om storingen te voorkomen.

9. Beoordelingsmodel

Onderdeel	Leerdoel	Onvoldoende (0)	Voldoende (6)	Goed (10)
Practicum handmatige aan/uit-regeling (Les 1)	De leerling kan een eenvoudige praktische opdracht uitvoeren om de temperatuur van een vloeistof te meten en handmatig te regelen	Er zijn geen meetresultaten opgeslagen en dus ook geen grafieken. Of er is een grafiek, maar deze is een verkeerd type (bv staafdiagram), assen kloppen niet en/of eenheden ontbreken.	Er is een grafiek beschikbaar uit les, hieruit valt op te maken dat er geschakeld is en de temperatuur in de buurt komt van de gewenste waarde. De grafiek is juist opgemaakt, heeft een titel, as beschrijvingen en eenheden.	Er zijn twee grafieken beschikbaar uit les 1. Deze grafieken zijn correct en compleet. De grafiek laat zien dat de leerlingen tijdig schakelen, in de grafieken zijn alle beschikbare variabelen (temperatuur, helling en relaiswaarde) opgenomen.
	De leerling ontdekt dat de trage reactie van het systeem invloed heeft op zijn schakelmomenten en op de gewenste eindtemperatuur.	Een strategie ontbreekt. Of er is een strategie, maar hieruit blijkt niets van anticipatie op de traagheid van het systeem.	Er is een logische strategie beschreven. Hierin wordt genoemd dat er geschakeld wordt op een andere temperatuur dan de doeltemperatuur.	Er is een logische strategie beschreven. Hierin laat de II merken dat hij begrijpt dat er een vertraging in het spel is. Er wordt een relatie gelegd met de helling van het temperatuurverloop.
Activeren voorkennis warmteleer (Les 2)	De leerling kan het natuurkundige proces van opwarmen en afkoelen beschrijven in een model op basis van voorkennis uit de warmteleer.	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat de II'en de stappen niet goed kan volgen. Het is niet gelukt om de vergelijkingen neer te schrijven.	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat de leerling alle stappen kan volgen. De twee vergelijkingen kloppen.	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat alle stappen goed gevolgd zijn. De vergelijkingen zijn opgelost. Tevens zijn alle inzichtsvragen op het stencil goed beantwoord.
	De leerling kan de warmtecapaciteit C van het systeem bepalen op basis van het model en de meetgegevens uit Les1	Het is niet gelukt om de warmtecapaciteit te bepalen.	Er is een warmtecapaciteit bepaald. De orde van grootte klopt nog niet helemaal, de eenheid ontbreekt, of op andere aspecten is duidelijk dat de II niet helemaal begrijpt wat hij nu doet.	Er is een warmtecapaciteit bepaald. De orde van grootte klopt, de eenheid klopt en op alle inzichtsvragen over C laten de antwoorden voldoende inzicht zien.
	De leerling kan de helling (richtingscoëfficiënt van de raaklijn) van de temperatuur-tijd-grafiek verklaren vanuit het model en de meetgegevens uit Les1	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat de leerling de stappen mbt de helling niet goed kan volgen. De helling komt in de rest van het dossier en zijn programma ook niet meer voor.	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat de leerling de stappen mbt de helling kan volgen.	Uit de antwoorden op het stencil van les 2 blijkt dat de leerling de stappen mbt de helling kan volgen. De leerling maakt adequaat gebruik van de helling in de rest van zijn dossier en in zijn uiteindelijke programma.

Ontwerp regeling (Les 3)	De leerling kan een ontwerp voor een geautomatiseerde temperatuurregeling maken door een algoritme op te stellen en in woorden te beschrijven.	Er is geen algoritme geschreven of het algoritme is dusdanig dat het niet zal werken of bij lange na niet de temperatuur kan beheersen.	Er is een algoritme geschreven, dit zal redelijk werken, het algoritme beperkt zich tot de "voorgekauwde" kern.	Er is een algoritme geschreven. Hier is over nagedacht (bijvoorbeeld de twee situaties van opwarmen en afkoelen worden apart geregeld) en zou de temperatuur goed binnen de marges kunnen houden.
	De leerling kan het opgestelde algoritme omzetten naar een logisch programma in CoachTaal.	Er is geen geschreven programma. Of er is een geschreven programma, maar dit zal nooit werken. De fouten zijn van grotere aard dan een syntaxfoutje.	Er is een programma geschreven. Dit zal nog meerdere foutmeldingen opleveren vanwege kleine slordigheden zoals bijvoorbeeld hoofdletters verkeerd. Slechts syntaxfoutjes dus.	Er is een vrijwel foutloos programma geschreven
Practicum geautomatiseerde regeling met Coach (Les 4)	De leerling kan het ontworpen programma (in CoachTaal) invoeren en werkend maken.	Er is geen werkend programma opgeleverd. Of er is een werkend programma, maar dit levert niet het gewenste resultaat.	Er is een werkend programma geschreven en uitgevoerd in coach. Het programma levert het gewenste resultaat. Het programma is niet netjes en/of overzichtelijk.	Er is een werkend programma geschreven en uitgevoerd in coach. Het programma levert het gewenste resultaat. Het programma is netjes en overzichtelijk.
	De leerling kan de regelkring beschrijven aan de hand van de componenten in het systeem.	De leerling kan amper componenten benoemen.	De leerling kan de meeste componenten benoemen.	De leerling kan alle componenten benoemen. Ook getuigt het antwoord op de vraag over het verwerkingsblok van inzicht in de intelligentie van een regelkring.
	De leerling ontdekt het voordeel van een geautomatiseerde regelkring ten opzichte van een handmatige bediening.	In het verslag wordt geen voordeel van een geautomatiseerde regelkring genoemd. Of alleen een simplistische voordeel wordt genoemd, zoals niet zelf op het knopje hoeven te drukken.	In het verslag wordt een voordeel van een geautomatiseerde regelkring genoemd.	In het verslag worden meerdere voordelen van een geautomatiseerde regelkring genoemd.

Verlaglegging (Huiswerk)	De leerling kan een gestructureerd verslag maken.	De l'en leveren losse velletjes in die niet met elkaar in samenhang zijn gebracht. Onderdelen ontbreken.	De l'en kunnen een compleet dossier samenstellen waarin alle onderdelen van de opdracht zijn opgenomen.	De l'en kunnen een compleet dossier samenstellen waarin alle onderdelen van de opdracht zijn opgenomen. De verschillende onderdelen van het dossier zijn consistent met elkaar en er zit opbouw in het verhaal.
	De leerling kan de uitvoering van het experiment beschrijven, de uitkomst analyseren en hieruit conclusies trekken.	Het verslag bevat geen of slechts een marginale analyse en/of conclusie	Er is een geschreven verslag, hierin staat een conclusie beschreven die gebaseerd is op een analyse.	In het verslag komen uitgebreide analyses en een goed onderbouwde conclusie naar voren.
	De leerling kan een transfer maken naar andere regelsystemen in het dagelijks leven.	De leerling heeft geen analogien of komt niet verder dan het verwarmingssysteem in huis.	De leerling kan zinvolle analogien verzinnen van regelkringen waarbij niet verwamd wordt.	De leerling kan meerdere, leuke analogieën noemen. Hierin staan ook regelkringen die niet met techniek te maken hebben.

10. Bronmaterialen

In-vitrofertilisatie (IVF):

<http://www.dijkstra.net/products/Kalibratieservice-verhoogt-succesfactor-Brussels-IVF-laboratorium.html>

Warmteleer:

Newton vwo informatieboek 2, 3^e ed., ISBN 9789006311884, auteur K. Kortland, Thieme-Meulenhoff, Hoofdstuk 7 *Verwarmen en isoleren – Warmte en energie*

Toegepaste Energieleer, Warmte en Stromingsleer, 2^e druk, ISBN 9789039526538, auteur A.Taal, Academic Service

Regeltechniek:

<http://slptech.be/Cursussen/Regel/regel%20blok6%20Aanuit%20regelkringen%20wm.pdf>

Softwarepakket Coach en systeembord:

http://cma-science.nl/signaal/signaal3_techneek/systeembord.html

http://cma-science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_coachtaal.pdf

http://cma-science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_modelleren.pdf

http://cma-science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_meten_&_sensoren.pdf

[http://cma-](http://cma-science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_sturen_programmeren_&_actuatoren.pdf)

[science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_sturen_programmeren_&_actuatoren.pdf](http://cma-science.nl/software/coach6/pdf/c6_3_handboek_sturen_programmeren_&_actuatoren.pdf)

11. Literatuurlijst

Bakker, A. (2008). Geleid heruitvinden vanuit een probleemstellende benadering. *Panama-Post. Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 27(1), 44-50. <http://www.fi.uu.nl/publicaties/literatuur/7086.pdf>

Ertmer, P. & Newby, T. (1993). Behaviorism, cognitivism and constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance improvement quarterly*, 6 (4), 50-72

Harrison G. (1999). Investigating a Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature. *Journal of research in science teaching*, 36(1),55-87

Van Eijck M. (2013). Bètadidactiek: Inleiding in het ontwerpen van onderwijs in de bètavakken. *Syllabus voor het vak Bètadidactiek van de Master of Science Education and Communication van de Technische Universiteit Eindhoven*. Versie 1.03

Vermunt, J.D. & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and Instruction* 9, 257-280

Lesprogramma

Bijlage 1

Les	element	Tijd (min)	Leerstof	Activiteiten	doelstelling	opmerkingen
0	1	2	Context uitleggen TUe ESoE, 3 studenten Nieuw practicum lessenserie	Luisteren en vragen stellen	Begrip voor context en enthousiasme voor lessenserie	Op einde van een les.
0	2	5	IVF en filmpje van National Geographic	Luisteren en vragen stellen		
0	3	5	Groepen bekend maken	Luisteren en vragen stellen		
0	4	1		Lezen	Bekendheid met opstelling	Uitdelen stencil les 1
	totaal	13				
1	1	5	Opstarten les	Leerlingen komen binnen en gaan zitten etc.	Ontvankelijkheid voor de lesstart	
1	2	8	Vaardigheden opdoen	Ophalen spullen		
1	3	8	elektriciteitsleer	Systeem opbouwen		
1	4	22	Vaardigheden opdoen	Handmatige sturing uitvoeren en meten.	Minstens 2 metingen van 3 minuten met eigen sturing	
1	5	3	Meetgegevens bewaren	Opslaan van gegevens	Gegevens voor thuis beschikbaar	
1	6	2		opruimen		
	totaal	50				
2	1	5	Opstarten les	Leerlingen komen binnen en gaan zitten etc.	Ontvankelijkheid voor de lesstart	
2	2	10	Ophalen strategieën en hun resultaten	Leerlingen brengen hun strategie in	Delen van strategieën en bij sturen als de verbeterstrategie er niet tussen zit. <i>Is nu scherp dat het relais beter eerder aan of uit gezet kan worden om het doel te bereiken.</i>	

Les	element	Tijd (min)	Leerstof	Activiteiten	doelstelling	opmerkingen
2	3	2	Uitdelen stencil les 2			
2	4	25	warmteleer	Sommen maken tot en met oplossen van de vergelijkingen Leerlingen vullen antwoorden in	Activeren van voorkennis op het gebied van warmteleer en relatie met verwarmen of koelen.	
2	5	5		lezen	Bij enkele leerlingen bekend wat er gaat gebeuren	Uitdelen stencil les 3 Vullen tijdens les 3
	Totaal	47				
3	1	5	Opstarten les	Leerlingen komen binnen en gaan zitten etc.	Ontvankelijkheid voor de lesstart	
3	2	5	Ontwerp van sturing in Coach	Eerste vragen beantwoorden	Een sturingsprogramma in Coach taal.	
3	3	25		Sommen maken		
3	3	15		Sturing bedenken		
	totaal	50				
4	1	5	Opstarten les	Leerlingen komen binnen en gaan zitten etc.	Ontvankelijkheid voor de lesstart	
4	2	8	Vaardigheden opdoen	Ophalen spullen	Experiment doen met betere sturing	Uitdelen stencil 4
4	3	8	elektriciteitsleer	Opbouwen systeem		
4	4	20	Vaardigheden opdoen	Uitvoeren experimenten		
4	5	5		opruimen		
4	6	4		Vragen stellen laatste opdrachten	Doelstelling verslag helder.	
	totaal	50				

Coach bestanden op laptop zetten (Dominicus College Nijmegen).

Datum: maandag 23 juni 2014

Door Ton van Amelsfort

Er zijn 2 coach files nodig. Eén voor les 1 en één voor les 4. Beide files worden in een Coach project opgenomen; [DC IVF temperatuur regelaar](#). Voor de lessen dient dus eerst een Coach project op een laptop te worden aangemaakt. (stap 1 t/m 4)

Zodra dat project is aangemaakt kunnen de files geladen worden. Eerst voor les 1 (stap 5 t/m 16) daarna les 4 (stap 17/27). Als beide lessen er achter elkaar op worden gezet kunnen een aantal stappen worden overgeslagen.

De files staan op een memory stick van Ton van Amelsfort. In de map [G:\dominicus\betadidaktiek AMT\20140404\4. DC IVF thermostaat\IVF les 1 zelf sturen met Coach.cmr](#)

Om deze op een laptop te zetten, zodat de leerlingen erbij kunnen en als ze een bestand op willen slaan dit ook in de map mijn documenten terecht komt, moeten de volgende stappen gezet worden:

1. Sluit de interface aan
2. Open op de laptop Coach als docent
3. Via [Bestand](#), [Coach Project](#) en [Nieuw](#) aanklikken
4. Maak een nieuw project aan in de directory(Pad): [CMA Coach Projects\2. Sturen en Regelen\1. Sturen met CMA CoachLab II+](#)

Met als naam [DC IVF temperatuur regelaar](#)

5. Open de file op de memory stick
6. Sla vanuit Coach de file op in: [C:\Program Files \(+86\)\CMA\Coach6\Full.NL\CMA Coach Projects\2. Sturen en Regelen\1. Sturen met CMA CoachLab II+\ DC IVF temperatuur regelaar\ IVF les 1 zelf sturen met Coach.cmr](#)
7. Haal de memory stick uit de laptop
8. Herstart de laptop
9. Open de map op de dekstop met de naam: [meer Leerling!](#)
10. Stap via [BINAS](#) naar de map [Coach](#). Daar zie je enkele snelkoppelingen naar Coach documenten staan. Dat moet voor [IVF les 1 zelf sturen met Coach.cmr](#) ook gebeuren.
11. Zoek via verkenner op C:\ naar IVF naar de file [IVF les 1 zelf sturen met Coach.cmr](#)
12. In een van de files staat in het pad [...\Local\....](#)
13. Maak voor die file een snelkoppeling in [prog\meer Leerling ...!\BINAS\Coach\](#)
14. Sluit alle verkenner windows af
15. Herstart de laptop
16. Check of het werkt door via [meer leerling ...!](#) Het programma op te starten als leerling

17. Open de file op de memory stick
18. Sla vanuit Coach de file op in: [C:\Program Files \(+86\)\CMA\Coach6\Full.NL\CMA Coach Projects\2. Sturen en Regelen\1. Sturen met CMA CoachLab II+\ DC IVF temperatuur regelaar\ IVF les 4 geautomatiseerd sturen.cmr](#)
19. Haal de memory stick uit de laptop
20. Herstart de laptop
21. Open de map op de desktop met de naam: [meer Leerling!](#)
22. Stap via [BINAS](#) naar de map [Coach](#). Daar zie je enkele snelkoppelingen naar Coach documenten staan. Dat moet voor [IVF les 4 geautomatiseerd sturen.cmr](#) ook gebeuren.
23. Zoek via verkenner op C:\ naar IVF naar de file [IVF les 4 geautomatiseerd sturen.cmr](#)
24. In een van de files staat in het pad [...\Local\....](#)
25. Maak voor die file een snelkoppeling in [prog\meer Leerling ...!\BINAS\Coach\](#)
26. Sluit alle verkenner windows af
27. Herstart de laptop

Check of het werkt door via [meer leerling ...!](#) Het programma op te starten als leerling

Instructie voor leerlingen. Als je gegevens wilt opslaan, doe dat dan via [Bestand\opslaan als](#) . Dan komen de bestanden automatisch in Mijn Documenten te staan. De leerlingen zullen zelf moeten zorgen dat de bestanden van daaruit bij hen terecht komen.

Storingslijst practicumopstelling

aspect	observatie	oplossing	opmerking
Versie Coachlab II en software met laptop	CMA heeft verschillende versies van hardware en software in het land uitgezet die niet compatibel zijn voor het kunnen sturen van Coach 6	Alleen de combinatie van SAG 10 (Lab II) en de versie 6.5.X werkt goed	Is gemeld bij CMA en hebben nog geen oplossing
Uitgang Lab II (A1)	SAG 10 geeft op de relais uitgang een blokspanning met 625 Hz. Instellen op 5 V levert een duty cycle die door het systeembord niet gevolgd kan worden.	De uitgang van het relais instellen op 7,5 V. dan is de duty cycle groot genoeg en schakelt het relais.	
Fit functie in Coach	Tijdens het sturen kan geen fit functie gemaakt worden.	Eigen instructies in Coach taal om afgeleide of helling te bepalen.	
Project en programma aanmaken		Dat kan alleen als er wordt ingelogd in de rol van docent.	
Meet en stuur frequentie (sample frequentie)	Als met een programma wordt gestuurd werkt de tijdstelling van de meetactiviteit niet	In Coach taal met de Wacht functie de sample frequentie instellen	
Sensor	Niet alle sensoren zijn hetzelfde	Alleen versie met sticker 0511 gebruiken	
Relais en meetactiviteit	Om in Les 1 gewoon een meetactiviteit te laten zijn en toch het relais te gebruiken en deze handmatig aan uit te zetten is nog geen stuurprogramma nodig.	Eerste beginnen met een stuuractiviteit. Het relais toevoegen en daarna naar meetactiviteit terugkeren.	
Sensor aan weerstand koppelen	Duct-tape is geen fijn materiaal om de sensor aan de weerstand te koppelen omdat dit lastig los te maken is en lijmresten achterlaat	Er zijn sensorschoentjes gemaakt om de sensor mooi en vrij tegen de weerstand aan te houden.	

aspect	observatie	oplossing	opmerking
Koeling	Om de weerstand snel genoeg te laten koelen is water nodig. Te veel is niet goed te weinig ook niet	Probeer het waterniveau zo te doseren dat de weerstand voor de helft onder water staat.	
Temperatuur	Temperatuur stijgt niet	<p>Check of:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sensor weerstand wel raakt – relais klikt als je schakelt vanuit coach – voeding aangesloten is en beide schakelaars op voedingskast aan staan (voor- en achterkant) – er een stroom loopt op voedingskast ($I > 0 \text{ A}$) – current (curr) van voedingskast wel open staat – bekabeling goed is aangesloten 	

Theoretische verdieping warmteleer (docent)

De theoretische beschrijving van het opwarmings/afkoelingsproces vindt plaats door het opstellen van een differentiaalvergelijking:

Vermogensbalans: $P_{in} - P_{uit} = \frac{dQ}{dt}$ met $dQ = C \cdot dT$ (opwarming)

$$\Rightarrow \boxed{P_{in} - P_{uit} = C \cdot \frac{dT}{dt}}$$

Warmteverlies: $P_{uit} = U \cdot A \cdot (T - T_{omg})$

U = warmteoverdrachtscoëfficiënt
(weerstand \rightarrow water \rightarrow beker \rightarrow lucht)

A = oppervlakte

T_{omg} = omgevingstemperatuur

D.V. wordt dan: $P_{in} - U \cdot A \cdot (T - T_{omg}) = C \cdot \frac{dT}{dt}$

$$\Leftrightarrow P_{in} - U \cdot A \cdot T + U \cdot A \cdot T_{omg} = C \cdot \frac{dT}{dt}$$

$$\Leftrightarrow C \frac{dT}{dt} + U \cdot A \cdot T = P_{in} + U \cdot A \cdot T_{omg}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dT}{dt} + \frac{U \cdot A}{C} \cdot T = \frac{P_{in} + U \cdot A \cdot T_{omg}}{C}} \quad \text{1e orde D.V.}$$

const const
noem a. noem b

Door de differentiaalvergelijking op te lossen, wordt het verloop van de temperatuur T als functie van de tijd t gevonden:

D.V. oplossen:

$$T = \frac{b}{a} + D e^{-at}$$

↑
integratieconstante (te bepalen uit
randvoorwaarde
 $t=0 \neq T=T_{omg}$)

$$\boxed{T = \left(\frac{P_{in} + U \cdot A \cdot T_{omg}}{U \cdot A} \right) + D e^{-\frac{U \cdot A}{C} \cdot t}}$$

↑

$$\frac{1}{\tau} = \frac{U \cdot A}{C}$$

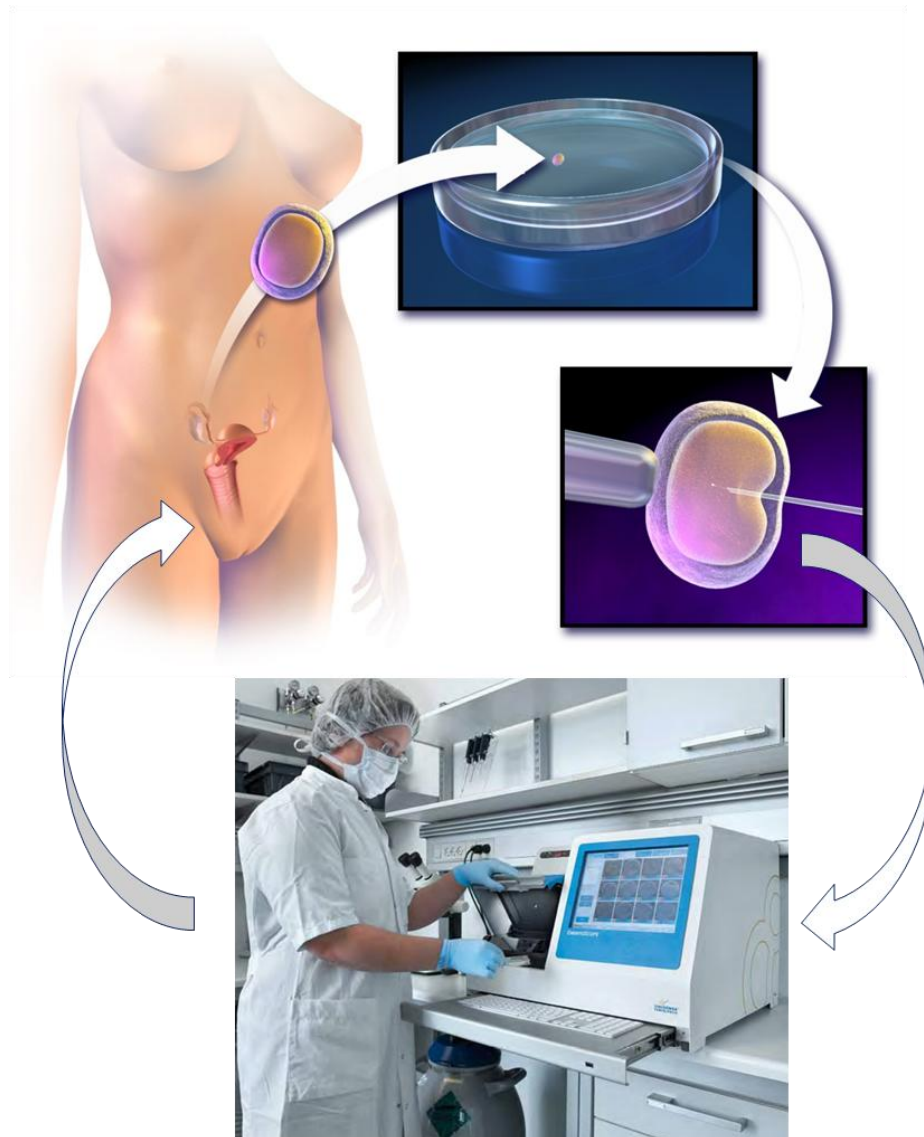
tijdconstante: $\tau = \frac{C}{U \cdot A}$

Het schakeltijdstip van het relais is te bepalen uit de bovengenoemde tijdconstante van het systeem. Deze theorie is veel te moeilijk voor VWO5 leerlingen. Daarom is er in les 3 voor gekozen om hiervoor een empirisch bepaalde benadering te geven.

Bijlage 5

Antwoorden bij leerlingopdrachten van les 2 en les 3

IVF – temperatuurregeling incubator



ANTWOORDEN bij Les 2 - Warmteleer

Dossier

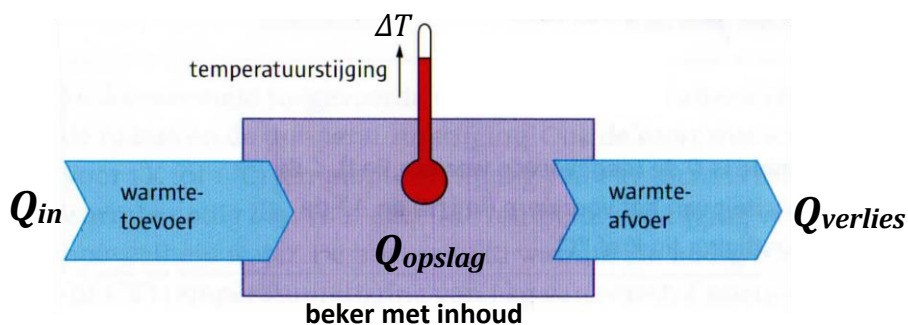
Je hebt je dossier meegenomen en deze bestaat nu uit:

1. Het stencil van les 1, volledig ingevuld
2. Samenvatting van les 1 – de excelgrafieken met bijbehorende strategieën

Warmteleer

Om uiteindelijk een automatische temperatuurregeling te kunnen maken, moeten we het proces van opwarming en afkoeling wat beter bekijken. De kennis die hiervoor nodig is, wordt ook wel “warmteleer” genoemd. Een groot deel van deze kennis is al eens behandeld en zullen we gaan opfrissen. Daarom worden in dit stencil stapsgewijs een aantal vragen gesteld, die je moet beantwoorden. Het ingevulde stencil neem je weer op in jouw dossier. Vraag dus hulp aan je docent als je er niet uit komt.

We verwarmen een systeem, in theorie een incubator voor IVF behandeling, maar tijdens ons experiment is dit een weerstand in een beker met water. Niet alle toegevoerde warmte wordt in het systeem opgeslagen. Er is ook warmteverlies naar de omgeving. Voor de opgeslagen warmte Q_{opslag} in de beker geldt dus:



$$Q_{opslag} = Q_{in} - Q_{verlies}$$

Eigenlijk staat hier de wet van behoud van energie (uitgedrukt in Joule [J]).

Door de opgeslagen warmte in de beker stijgt de temperatuur. Hoeveel de temperatuur stijgt hangt af van de warmtecapaciteit C van het systeem (beker met inhoud). De warmtecapaciteit wordt uitgedrukt in de eenheid [J/ °C].

Beschrijf in woorden wat de warmtecapaciteit C van een systeem betekent.

De warmtecapaciteit van een systeem is de hoeveelheid warmte (energie in J) die nodig is om het systeem 1 °C (of 1 K) in temperatuur te laten stijgen.

Geef de algemene formule die je kent voor opwarming, uitgedrukt in de warmtecapaciteit C?
(Je kan deze formule opzoeken in Binas.)

$$Q = C \cdot \Delta T$$

Als we dit verwarmingsproces nu in een bepaald tijdsinterval Δt bekijken, kunnen we natuurlijk ook spreken van behoud van vermogen P (uitgedrukt in J/s).

De vermogensformule ziet er dan als volgt uit:

$$C \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = P_{in} - P_{verlies}$$

Laat zien hoe je aan de vermogensformule komt door uit te gaan van de vorige formules.

$$\left. \begin{array}{l} Q_{opslag} = Q_{in} - Q_{verlies} \\ Q_{opslag} = C \cdot \Delta T \text{ en } P = \frac{Q}{\Delta t} \end{array} \right\} \begin{array}{l} C \cdot \Delta T = Q_{in} - Q_{verlies} \\ C \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{Q_{in}}{\Delta t} - \frac{Q_{verlies}}{\Delta t} = P_{in} - P_{verlies} \end{array}$$

Laat met eenheden zien dat de vermogensformule klopt.

In vermogensformule alle eenheden invullen geeft links en rechts $\left(\frac{J}{s}\right)$: $\left(\frac{J}{s}\right) \cdot \left(\frac{J}{C}\right) = \left(\frac{J}{s}\right)$

Vanaf nu werken we met de vermogensformule. We bekijken eerst de verschillende termen die in de vermogensformule staan:

1) P_{in} :

P_{in} is het toegevoerde elektrische vermogen dat in de weerstand wordt omgezet in warmtevermogen. Deze hebben we in de vorige les bepaald en gebruiken we nu om mee te rekenen.

Er zijn twee situaties te onderscheiden tijdens ons practicum waarbij P_{in} verschillende waarden aanneemt. Wat is de waarde voor P_{in} in die situaties?

<p>Situatie 1 = Opwarmen</p> <p>$P_{in} = U \cdot I$</p> <p>(bij U=9 V en I=1,5 A wordt $P_{in} = 13,5 \text{ W}$)</p>	<p>Situatie 2 = Afkoelen</p> <p>$P_{in} = 0$</p>
--	---

2) $P_{verlies}$:

Het vermogensverlies is het warmteverlies dat per seconde plaats vindt naar de omgeving. Hiervoor geldt een complexe formule. Om het ons wat makkelijker te maken zullen we aannemen dat $P_{verlies}$ een constante waarde heeft. Dat is wel een benadering.

Van welke factoren is $P_{verlies}$ volgens jou afhankelijk? (aankruisen wat goed is)

• materiaal van de weerstand	• omgevingsmedium
• temperatuur van de weerstand	• omgevingstemperatuur
• oppervlak van de weerstand	0 massa van de weerstand

$P_{verlies} = U \cdot A \cdot (T - T_{omg})$ met U =warmteoverdrachtscoëfficiënt en A =oppervlak

3) C :

Wat kun je zeggen over de warmtecapaciteit C ? Verandert deze tijdens het experiment of is dit een constante? Waarom?

De warmtecapaciteit C is een systeemconstante uitgedrukt in (J/ °C). Het systeem blijft tijdens het experiment ongewijzigd.
--

4) $\frac{\Delta T}{\Delta t}$:

Dit is de snelheid waarmee de temperatuur T stijgt (of daalt). Dus de helling van de grafiek in het T-t-diagram. In de wiskunde wordt het ook wel de richtingscoëfficiënt genoemd.

Deze waarde heb je al bepaald in het practicum van les 1.

Als dat toen niet gelukt is, kan je de waarde alsnog afschatten uit de Excelgrafiek.

Er zijn twee situaties te onderscheiden tijdens ons practicum waarbij $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ verschillende waarden aanneemt. Wat is de waarde voor $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ in die situaties?

Situatie 1 = Opwarmen $\frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,34$ (voorbeeld)	Situatie 2 = Afkoelen $\frac{\Delta T}{\Delta t} = -0,17$ (voorbeeld)
---	--

Voor elk van de situaties (opwarmen en afkoelen) kunnen we nu de vermogensformule invullen.

Op die manier krijg je twee vergelijkingen met twee onbekenden. Vanuit de wiskunde heb je geleerd hoe je deze kan oplossen.

Geef de twee vergelijkingen voor de verschillende situaties.

Situatie 1: Opwarmen

$$0,34 \cdot C = 13,5 - P_{\text{verlies}}$$

Situatie 2: Afkoelen

$$-0,17 \cdot C = 0 - P_{\text{verlies}}$$

Bereken de twee onbekenden, geef het symbool, en de waarde met de juiste eenheid

Oplossen 2 vergelijkingen met 2 onbekenden geeft:

$$C = 26,47 \text{ (J/}^{\circ}\text{C)} \text{ en } P_{\text{verlies}} = 4,5 \text{ (W)}$$

Huiswerk

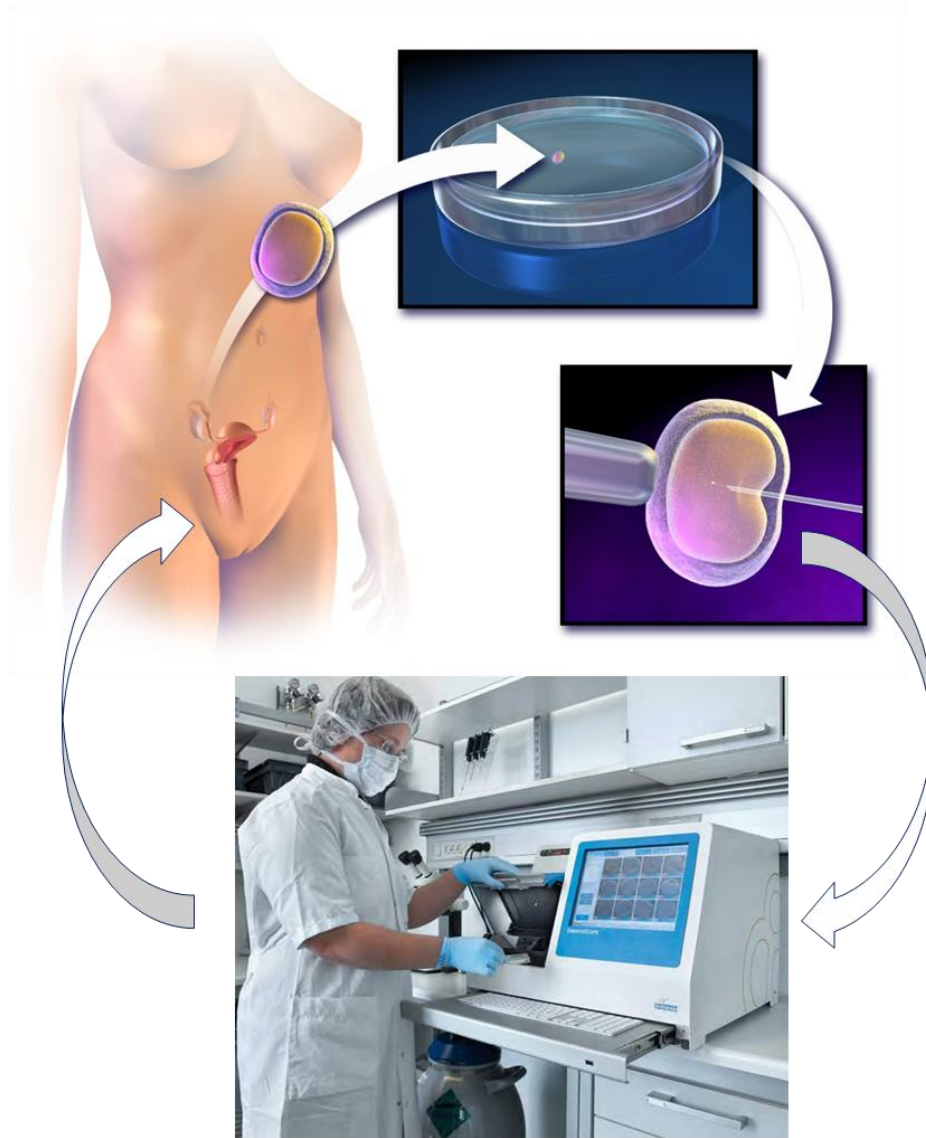
Maak deze opdrachten af voor zover je dat nog niet gelukt is tijdens de les.

Dossier

Je dossier bestaat nu uit:

1. Het stencil van les 1, volledig ingevuld
2. Samenvatting van les 1 – de Excelgrafieken met bijbehorende strategieën
3. Dit stencil van les 2, volledig ingevuld

IVF – temperatuurregeling incubator



ANTWOORDEN bij Les 3 – Ontwerp automatische regeling

Dossier

Je hebt je dossier meegenomen en dit bestaat nu uit:

3. Het stencil van les 1, volledig ingevuld
4. Samenvatting van les 1 – de Excelgrafieken met bijbehorende strategieën
5. Het stencil van les 2, volledig ingevuld

Ontwerp automatische regeling

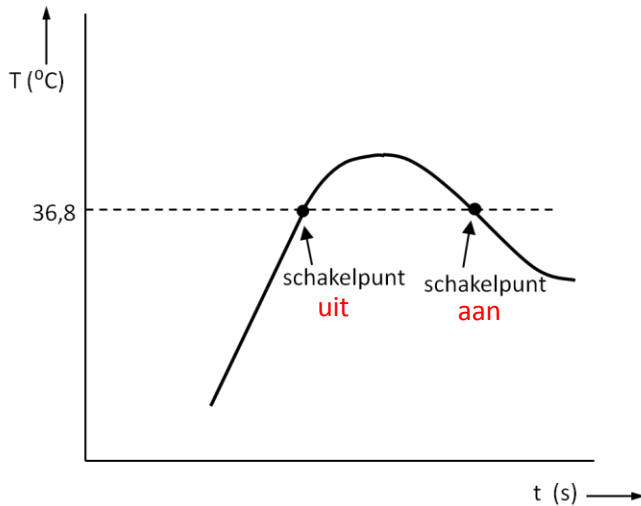
We weten hoe belangrijk het is om de IVF-incubator op een constante temperatuur van 36,8 °C te houden. De eerste ontwikkeling van het embryo is namelijk heel kritisch. Als de temperatuurafwijking groter wordt dan 0,3 °C sterft het embryo: een ramp voor het embryo en de ouders. De temperatuur zal dus netjes tussen de 36,5°C en 37,1 °C moeten blijven. In les 1 heb je geprobeerd om dit handmatig te doen, door steeds zelf een schakelaar (relais) aan en uit te zetten. Op die manier bleek het erg lastig te zijn om de temperatuur binnen de grenzen te houden. De verwachting is dat de computer dat beter kan en volledig automatisch. In deze les ga je daar een ontwerp voor maken.

Je hebt in les 1 vast een strategie bedacht om de temperatuur zo goed mogelijk constant te houden. Om deze strategie aan de computer “uit te leggen”, moet de strategie worden omschreven naar een computerprogramma in “CoachTaal”. Naast de strategie heb je hiervoor ook de meetgegevens uit les 1 nodig en de berekende gegevens uit de warmteleer van les 2.

Het computerprogramma zullen we in de laatste les (les 4) invoeren in Coach, waarna de computer automatisch de temperatuur kan regelen.

Eenvoudige strategie

De eenvoudigste strategie is om het relais uit te schakelen als de gewenste temperatuur bereikt is en om het relais weer aan te schakelen als de temperatuur onder de gewenste waarde komt. Misschien heb je deze strategie in les 1 als eerste geprobeerd.



Welk probleem ondervind je met deze strategie en waarom?

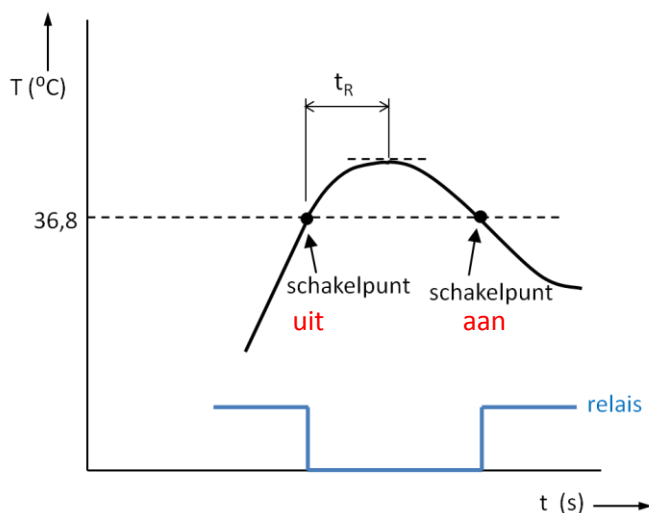
De temperatuur schiet te ver door bij opwarmen en bij afkoelen. Dat komt door de traagheid van het systeem: het duurt even voordat het systeem reageert op het in- en uitschakelen van het relais. Hierdoor lukt het niet om de temperatuur tussen de 36,5°C en 37,1 °C te houden.

Hoe zou je bij deze strategie de voorwaarde beschrijven wanneer het relais aan en uit moet gaan?

2 antwoorden mogelijk:

- 1) ALS $T < 36,8$ DAN relais aan ANDERS relais uit
- 2) ALS $T > 36,8$ DAN relais uit ANDERS relais aan

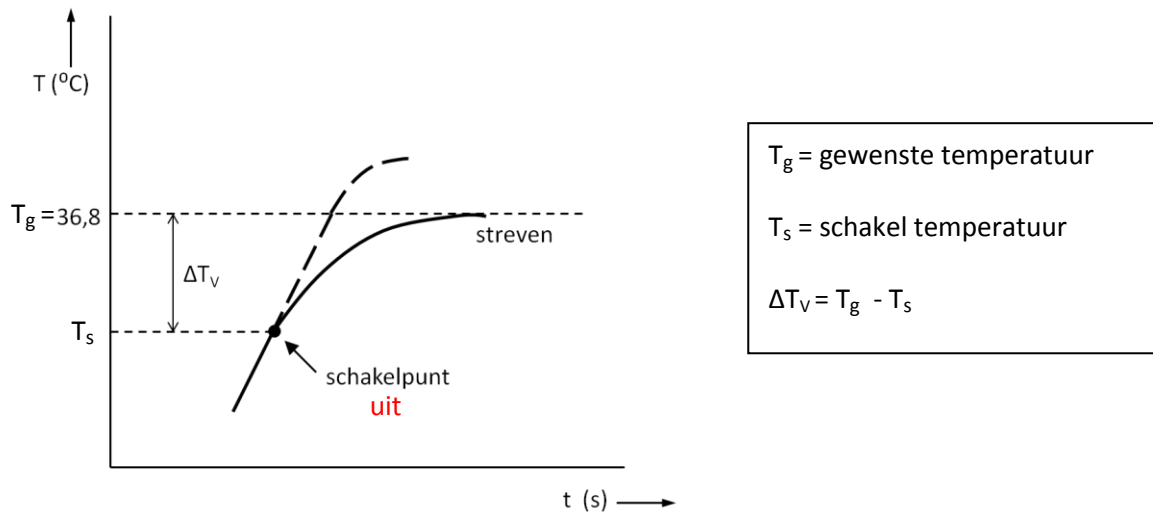
Het duurt blijkbaar even voor het systeem reageert na het aan- en uitschakelen van het relais. Deze tijd noemen we de "reactietijd". Bepaal de reactietijd t_R van het systeem uit je Excelgrafiek.



reactietijd $t_R =$ b.v. 9 (s)

Verbeterde strategie: “vooruit kijken”

Bij les 2 zijn we tot de conclusie gekomen dat je het relais beter eerder kan uitschakelen: dus vóórdát de gewenste temperatuur van 36,8 °C is bereikt. De temperatuur schiet dan niet zo ver door.



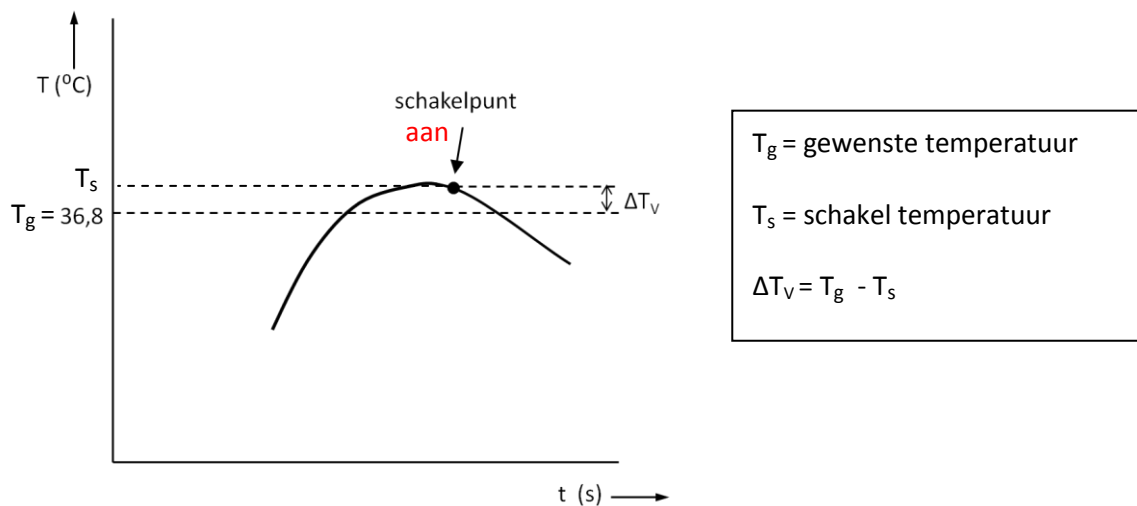
Het schakelpunt waarbij het relais moet uitschakelen, ligt nu dus een bepaalde waarde ΔT_v lager dan de gewenste temperatuur van 36,8 °C.

Hoe zou je bij deze strategie de voorwaarde beschrijven wanneer het relais aan en uit moet gaan? (neem ΔT_v als onbekende op in de voorwaarde)

2 antwoorden mogelijk:

- 1) ALS $T < 36,8 - \Delta T_v$ DAN relais aan ANDERS relais uit
- 2) ALS $T > 36,8 - \Delta T_v$ DAN relais uit ANDERS relais aan

Het lukt helaas niet in één keer om op de gewenste temperatuur van 36,8 °C te komen. De temperatuur schiet nog steeds iets door en daalt vervolgens. We moeten het relais nu weer aanschakelen vóórdát de temperatuur van 36,8 °C wordt bereikt.



Het schakelpunt waarbij het relais moet aanschakelen, ligt nu dus ΔT_V hoger dan de gewenste temperatuur van 36,8 °C.

Toch kan je dezelfde voorwaarde blijven gebruiken die je zojuist hebt opgesteld!
Dat komt, doordat de grafiek nu daalt. Dat betekent dat de waarde van ΔT_V in dit geval negatief is.

Laat zien dat je inderdaad dezelfde voorwaarde kan blijven gebruiken.

Geval 1: $\Delta T_V = T_g - T_s =$ positieve waarde, dus +

Geval 2: $\Delta T_V = T_g - T_s =$ negatieve waarde, dus -

In de opgestelde voorwaarde staat: $T < 36,8 - \Delta T_V$

In geval 1 wordt dit: $T < 36,8 - \Delta T_V \rightarrow T < 36,8 - (+\Delta T_V) \rightarrow T < 36,8 - \Delta T_V$

In geval 2 wordt dit: $T < 36,8 - \Delta T_V \rightarrow T < 36,8 - (-\Delta T_V) \rightarrow T < 36,8 + \Delta T_V$

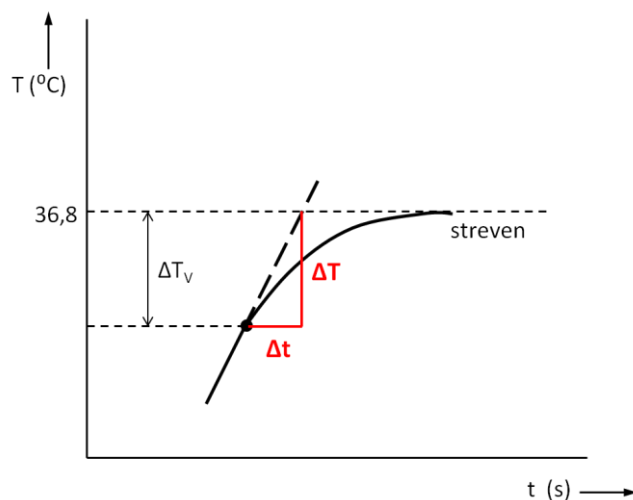
Bepalen ΔT_V uit de helling van de grafiek

Met de verbeterde strategie ("vooruit kijken") is het mogelijk om de temperatuur binnen de opgegeven grenzen constant te houden (36,5°C - 37,1 °C).

Hoeveel eerder je het relais moet aan- of uitschakelen hangt af van de snelheid waarmee de temperatuur verandert. Dus de helling in de grafiek: $\frac{\Delta T}{\Delta t}$

Hoe groter de helling, des te eerder zal je het relais moeten schakelen.

De waarde van ΔT_V kan je dus bepalen uit de helling $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ en de tijd Δt :



$$\Delta T_V = \Delta t \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

of:

$\Delta T_V = \Delta t \cdot \text{helling}$

In de voorwaarde die je hebt opgesteld, kan je ΔT_V dus vervangen door $(\Delta t \cdot \text{helling})$.

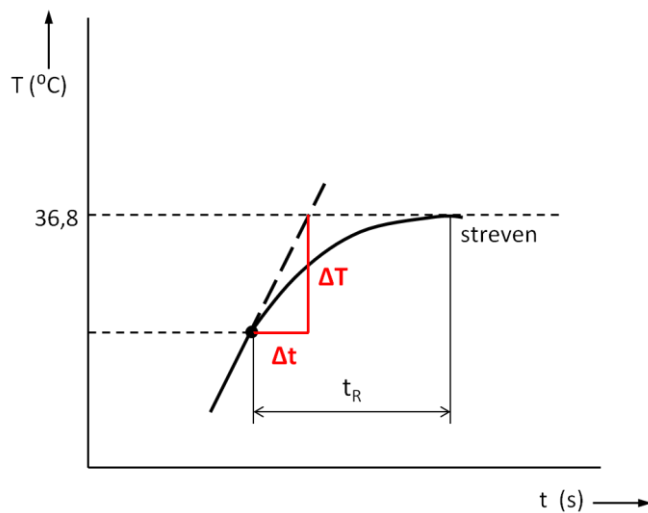
Dat is handig, want de computer berekent zelf de helling uit de grafiek!

Deze waarde heb je beschikbaar door gebruik te maken van het Coach-commando: Helling

Nu moeten we alleen nog een waarde voor de tijd Δt vinden.

De tijd Δt blijkt bij ons systeem ongeveer gelijk te zijn aan $1/3$ van de reactietijd t_R .

Aangezien je de reactietijd t_R al eerder in de les hebt bepaald, weet je nu dus ook Δt .



$$\Delta t = \text{b.v. } 1/3 \cdot 9 = 3 \text{ (s)}$$

Vul nu alles in:

Hoe ziet de voorwaarde wanneer het relais aan en uit moet gaan, er dan uit?

2 antwoorden mogelijk:

- | | | | | | |
|----|---|-----|------------|--------|------------|
| 1) | ALS $T < 36,8 - 3 \cdot \text{Helling}$ | DAN | relais aan | ANDERS | relais uit |
| 2) | ALS $T > 36,8 - 3 \cdot \text{Helling}$ | DAN | relais uit | ANDERS | relais aan |

Omschrijven strategie naar programma in CoachTaal

Coach kent een eigen programmeertaal (CoachTaal), waarmee je de voorwaarde die je hebt opgesteld kan invoeren. Om het programma in Coachtaal te schrijven, gebruik je de commando's uit de bijlage "Help Programmeervenster". Let daarbij goed op het juiste gebruik van hoofdletters en kleine letters!

Schrijf nu het programma in CoachTaal:

2 mogelijkheden:

Initialiseer

Herhaal

LeesTemperatuur

Als $Temperatuur < (36,8 - 3 * Helling)$

Dan Schakelrelais(1)

Anders Schakelrelais(0)

EindAls

Totdat Looptijd > 300

Initialiseer

Herhaal

LeesTemperatuur

Als $Temperatuur > (36,8 - 3 * Helling)$

Dan Schakelrelais(0)

Anders Schakelrelais(1)

EindAls

Totdat Looptijd > 300

Huiswerk

Maak het programma af voor zover je dat nog niet gelukt is tijdens de les.

Dossier

Je dossier bestaat nu uit:

4. Het stencil van les 1, volledig ingevuld
5. Samenvatting van les 1 – de Excelgrafieken met bijbehorende strategieën
6. Het stencil van les 2, volledig ingevuld
7. Dit stencil van les 3, volledig ingevuld