

Naam:

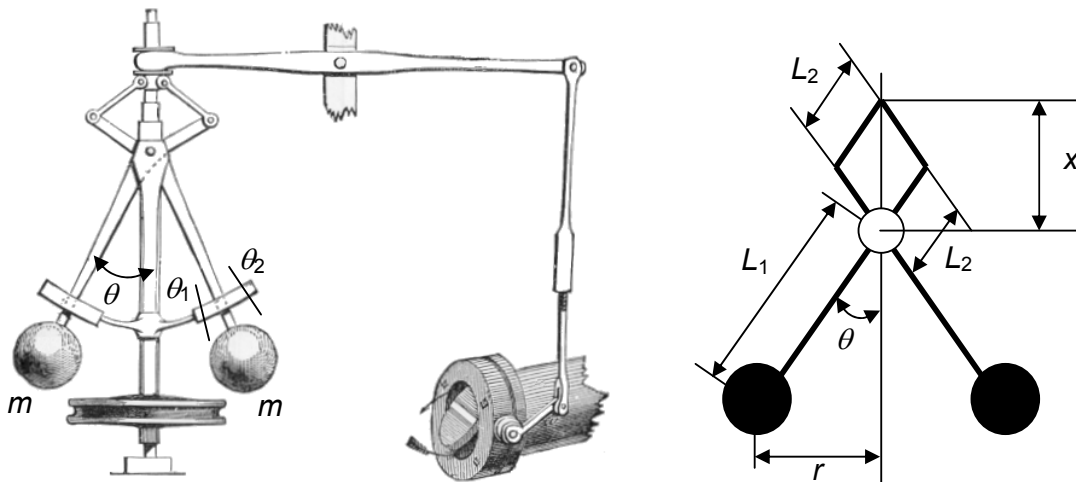
Studienummer:

## Tentamen Evolving Design, Wb-3110 Vrijdag 29 augustus 2008, 14:00-17:00

### Instructies

- Dit is een openboek tentamen waarbij je gebruik mag maken van de tijdens het college aangereikte overheadsheets en andere documenten. Je mag ook gebruik maken van boeken, dictaten, sheets en aantekeningen van andere Bachelorsvakken. Computers zijn niet toegestaan.
- Deze tentamenformulieren bevatten 4 vraagstukken met deelvragen die moeten worden beantwoord in de daarvoor aangegeven antwoordvakken. Schrijf je antwoord in deze vakken, niet daarbuiten. Engelstalige vragen mag je in het Nederlands beantwoorden. Onleesbaar handschrift wordt niet nagekeken.
- Als je klaar bent lever je alleen deze tentamenformulieren in met je antwoorden in de vakken. Je kunt kladpapier gebruiken bij de uitwerking van de vragen en de berekening van de antwoorden. Dat kladpapier lever je niet in; bij het nakijken zal er niet naar worden gekeken.
- Vergeet niet **ALLE** tentamenformulieren in te leveren en bovenaan **ELK** tentamenformulier je naam en studienummer te zetten! Tentamenformulieren zonder naam en studienummer worden niet nagekeken.

### Tentamenvraagstuk A



James Watt invented the governor (fly balls) to regulate the speed of his steam engine as illustrated in the figure above left. The two fly balls are identical and have mass  $m$ . There is a limiting mechanism which limits the angle  $\theta$  between  $\theta_1$  (at lowest speed) and  $\theta_2$  (at highest speed). A pulley drives the shaft with a belt at angular velocity  $\omega$ . For the sake of simplicity, the governor is modeled as in the figure above right in which the arms which support the balls are straight. Treat the balls as a mass point and neglect the mass and inertia of the arms and other components as well as any friction or resistance.

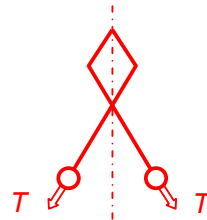
A1. How is this governor connected to the steam engine? In other words, what drives the pulley and what controls the valve at the tip of the arm?

The output shaft drives the pulley  
The inflow of steam is controlled by the valve

Antwoord A1

A2. Derive the equations that govern this mechanism. Focus only on gravity and centrifugal force and neglect inertia effects. Write your answer in the box below.

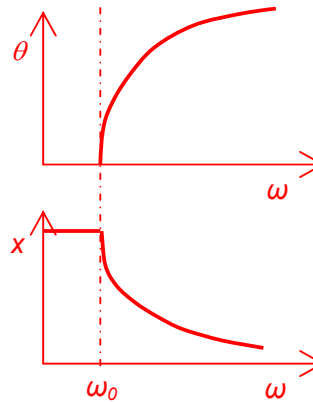
$r = L_1 \sin \theta$   
 $T \sin \theta = m r \omega^2$   
 $T \cos \theta = m g$   
 $T = \text{resulting force on fly ball.}$   
 $T$  is in line with lever fly ball In the static situation when inertia can be neglected.



Antwoord A2

A3. Solve the equations and obtain  $\theta$  and  $x$  as a function of  $\omega$ . Draw rough graphs in the box below that illustrate  $\theta$  and  $x$  as a function of  $\omega$ .

$\cos \theta = g / (L_1 \cdot \omega^2)$   
 $\theta = \cos^{-1} (g / (L_1 \cdot \omega^2))$   
 $x = 2 L_2 \cos \theta = 2 g L_2 / (L_1 \cdot \omega^2)$



Antwoord A3

A4. The governor engages only when the angular velocity  $\omega$  is faster than a certain speed. For a governor with  $L_1 = 0.2$  m, calculate this engaging speed  $\omega_0$  and write the answer in the box below. Assume that there is no limiting mechanism and that the gravity acceleration  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>.

In that case:  $\theta = 0 \Rightarrow \cos \theta = 1 \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{g / L_1} = \sqrt{9,8 / 0,2} = 7 \text{ rad / s}$

Antwoord A4

Naam:

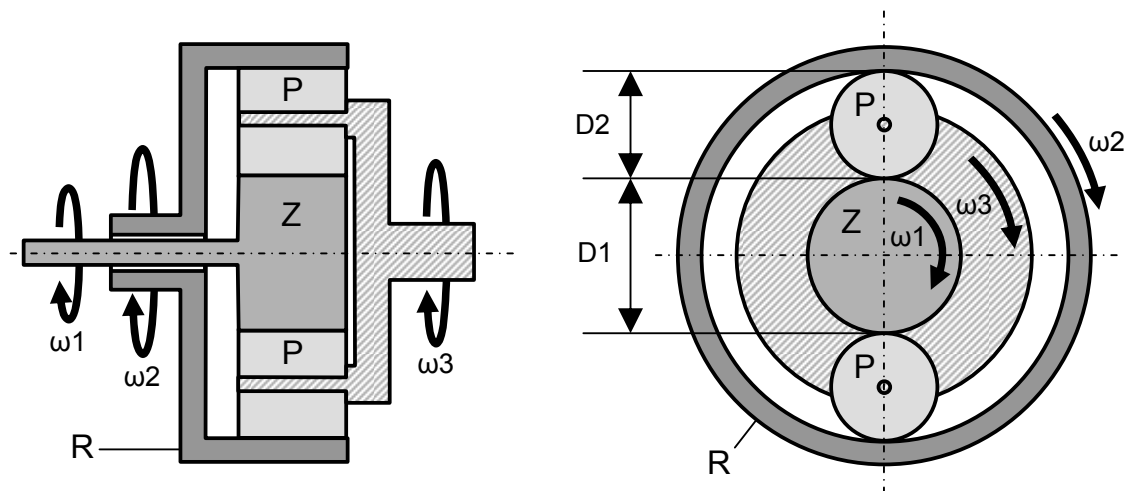
Studienummer:

A5. What are the purposes of the limiting mechanism? Think about the relationship between  $\theta_1$  and the engaging speed; or, what happens if there is no higher side limit ( $\theta_2$ ) and the governor can almost completely close the valve?

Lower limit: to prevent sudden opening and possible damage  
Higher limit: to prevent complete closure of the valve (steam engine may explode, valve may get damaged...)

Antwoord A5

### Tentamenvraagstuk B



De figuur hierboven laat een planeetoverbrenging zien met 4 tandwielen: een “zon” (Z), twee “planeten” (P) en een “ringwiel” (R). De zon en de planeten hebben een buitenvertanding en het ringwiel heeft een binnenvranging, waardoor zon, planeten en ringwiel langs elkaar afrollen (vertandingen zijn niet getekend in de figuur). De zon zit vast aan een ingaande as met hoeksnelheid  $\omega_1$ . Het ringwiel zit vast aan een tweede ingaande as die om de eerste ingaande as heendraait. De hoeksnelheid van deze tweede ingaande as is gelijk aan  $\omega_2$ . De 2 planeten zijn draaibaar verbonden aan een drager die uitmondt in een uitgaande as die hoeksnelheid  $\omega_3$  heeft. De diameter van de zon is gelijk aan  $D_1$ , de diameter van beide planeten is gelijk aan  $D_2$ .

B1. De planeetoverbrenging in de figuur bevat 2 planeten. Vaak worden planeetoverbrengingen uitgerust met 3 planeten en soms zelfs met 6 planeten. Wat is de motivatie om een planeetoverbrenging met zoveel planeten uit te rusten?

Hogere torques en/of langere levensduur

Antwoord B1

- B2. Bekijk de situatie dat van de ingaande assen alleen de zon draait, dus  $\omega_2=0$ . Druk  $\omega_3$  uit in  $\omega_1$ ,  $D_1$  en  $D_2$ .

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot D_1 / (2D_1+2D_2)$$

Antwoord B2

- B3. Bekijk de situatie dat van de ingaande assen alleen het ringwiel draait, dus  $\omega_1=0$ . Druk  $\omega_3$  uit in  $\omega_2$ ,  $D_1$  en  $D_2$ .

$$\omega_3 = \omega_2 \cdot (D_1+2D_2) / (2D_1+2D_2)$$

Antwoord B3

- B4. Bekijk nu de situatie dat zowel de zon als het ringwiel draaien, dus  $\omega_1$  en  $\omega_2$  beide ongelijk aan 0. Druk  $\omega_3$  uit in  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $D_1$  en  $D_2$ .

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot D_1 / (2D_1+2D_2) + \omega_2 \cdot (D_1+2D_2) / (2D_1+2D_2)$$

Antwoord B4

- B5. Stel dat we de planeetoverbrenging in de figuur willen gebruiken in een mechanische rekenmachine om getallen bij elkaar op te tellen. Tijdens het ontwerp van de planeetoverbrenging willen we dan de verhouding tussen  $D_1$  en  $D_2$  eenmalig zodanig kiezen dat voor elke willekeurige waarde van  $\omega_1$  en  $\omega_2$  geldt dat  $\omega_1+\omega_2= \omega_3$ . Is dit mogelijk? Zo niet: waarom niet, en zo ja: wat is dan de verhouding tussen  $D_1$  en  $D_2$ ?

Dan moet gelden  $D_1 / (2D_1+2D_2) = (D_1+2D_2) / (2D_1+2D_2) = 1$   
Dat kan alleen maar als  $D_1 = D_2 = 0$ . Het kan dus niet.

Antwoord B5

### **Tentamenvraagstuk C**

De technische kant van het fotograferen omvat veel verschillende zaken zoals belichtingstijd, scherptediepte en lensafwijkingen. Deze vraag gaat over de technische kant van het fotograferen en de werking van lenzen.

- C1. Sferische lenzen hebben veel last van afwijkingen zoals; *sferische aberratie*, *chromatische aberratie* en *croma*. Beschrijf voor elk van deze lensafwijkingen kort waardoor deze worden veroorzaakt en wat het gevolg van deze afwijkingen is voor het geprojecteerde beeld.

**Naam:**

**Studienummer:**

Zie slides & uitleg collegepresentatie  
Capturing Images (Peter Pistecky)

Antwoord C1

C2. Hieronder staat een aantal beweringen met betrekking tot de technische aspecten van fotografie. Kies alle beweringen die **JUIST** zijn uit de lijst en schrijf bijbehorende letters in onderstaand antwoordvak.

- a) Foto's met twee keer zoveel pixels (bijv. 8.000.000 i.p.v. 4.000.000 even grote pixels) leveren een vier keer zo grote afdruk op wanneer deze op dezelfde resolutie worden afgedrukt.
- b) Vibratiereductie in de lens van een camera is bedoeld om de onscherpte op te heffen die wordt veroorzaakt door de beweging van het te fotograferen onderwerp (bijvoorbeeld een rijdende auto).
- c) Om een foto met grote scherptediepte te maken, is bij gelijke lichtomstandigheid een langere sluitertijd nodig dan voor een foto met kleine scherptediepte.
- d) Een kleine diafragmaopening levert een kleine scherptediepte.
- e) Met een 'circular leaf' sluiters worden alle punten van het beeld exact even lang belicht.
- f) Bij een verticale spleetsluiters worden alle punten van het beeld exact even lang belicht.
- g) Bij een horizontale spleetsluiters worden alle punten van het beeld exact even lang belicht.
- h) Een lichtstraal van een kleur met kleine golflengte kan op een kleiner punt worden gefocust dan een lichtstraal van een kleur met grote golflengte.
- i) Bij zwart-wit fotografie (waarbij het lichtregistrerend medium, negatief of sensor, alleen gevoelig is voor lichtintensiteit en geen kleur registreert) kan geen chromatische aberratie optreden.

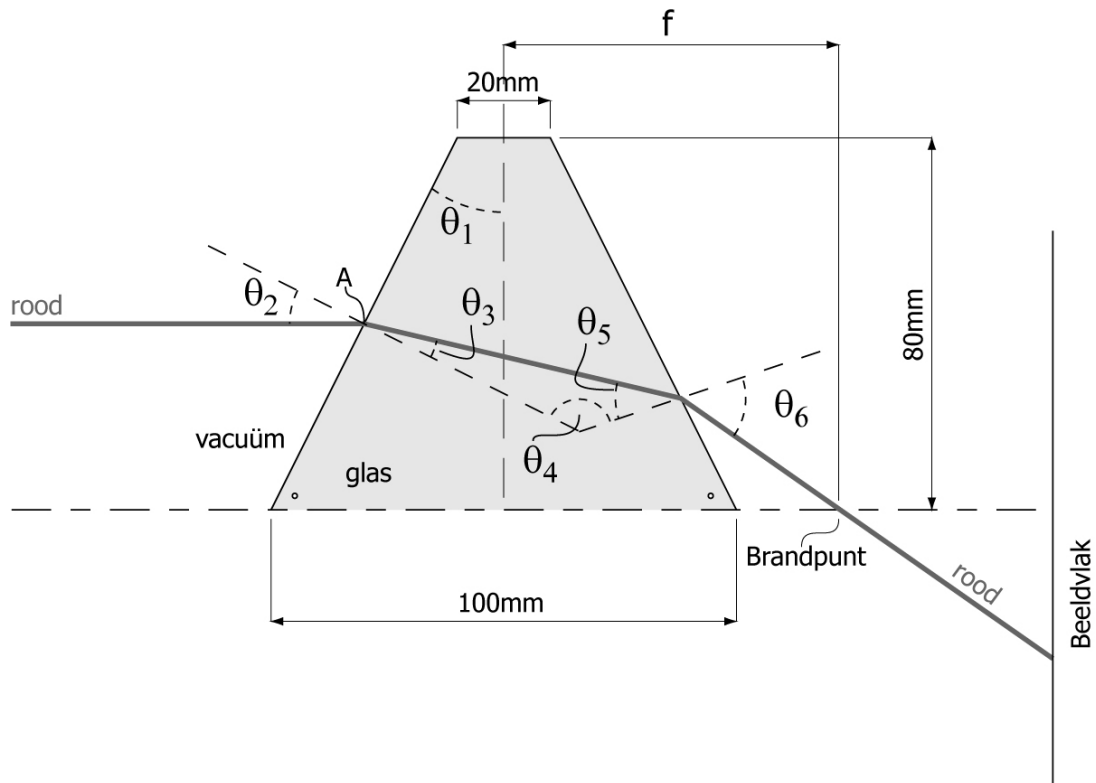
c, f, g, h

Antwoord C2

C3. In de figuur op de volgende bladzijde is de bovenste helft van een glazen lens vereenvoudigd weergegeven als een symmetrisch prisma. Een rode lichtstraal (golflengte  $\lambda = 700$  nm) wordt horizontaal, in een vacuüm, op de glazen prisma gericht. De brekingsindex van vacuüm ( $n_{\text{vacuüm}}$ ) is gelijk aan 1. De brekingsindex van glas is afhankelijk van de golflengte van het licht en kan worden benaderd volgens de volgende formule:

$$n_{\text{glas}} = 2 - \left( \frac{\lambda}{2000} \right)$$

Bereken voor de rode lichtstraal de hoeken  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  en  $\theta_3$  in graden op één decimaal nauwkeurig en schrijf deze in onderstaand antwoordvak. N.B. De gestreepte lijnen staan loodrecht op de zijvlakken van de prisma en de onderstaande figuur is NIET op schaal getekend.



$$\theta_1 = \arctan(40/80) = 26,57^\circ, \theta_2 = \theta_1$$

$$\theta_3 = \arcsin(\sin(\theta_2) / n_{\text{glas, rood}}) = 15,73^\circ \text{ want } n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \quad \text{Antwoord C3}$$

C4. Bereken ook de hoeken  $\theta_4$ ,  $\theta_5$  en  $\theta_6$  in graden op één decimaal nauwkeurig en schrijf deze in onderstaand antwoordvak.

$$\theta_4 = 180^\circ - 2 * \theta_1 = 126,86^\circ, \theta_5 = 180^\circ - \theta_4 - \theta_3 = 37,41^\circ$$

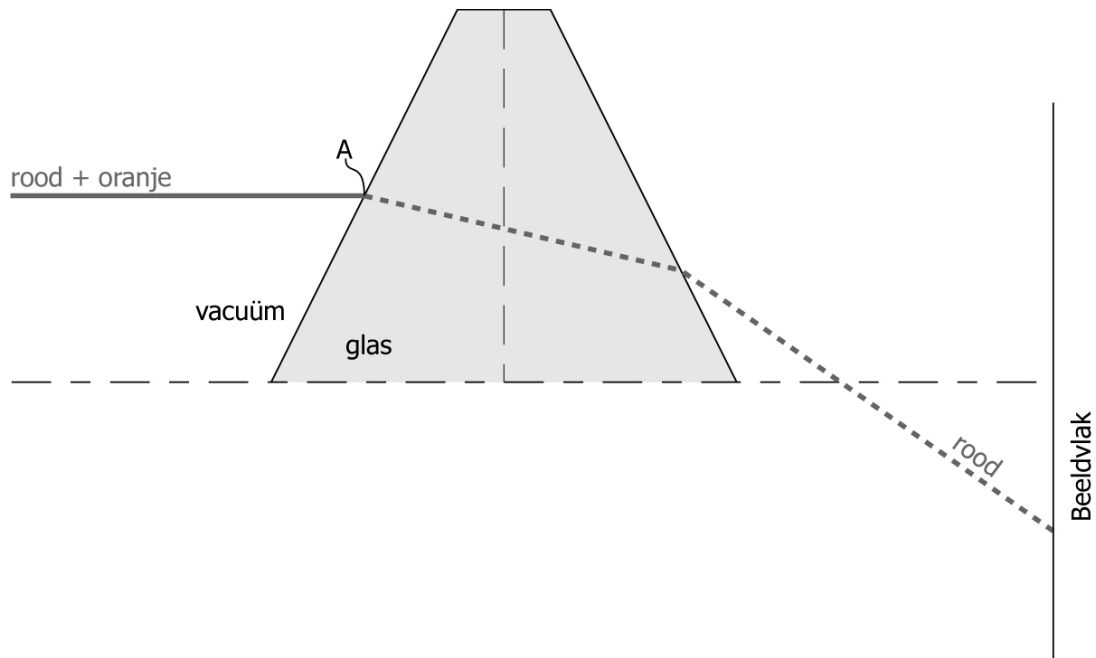
$$\theta_6 = \arcsin(\sin(\theta_5) * n_{\text{glas, rood}})$$

$$\sin(\theta_5) * n_{\text{glas, rood}} > 1 \Rightarrow \text{onoplosbaar, lichtstraal blijft in prisma} \quad \text{Antwoord C4}$$

C5. De rode lichtbundel wordt nu aangevuld met oranje licht (golflengte 600 nm). De lichtbundel van rood en oranje licht, legt tot punt A dezelfde weg af als hiervoor. In de figuur op de volgende bladzijde is het pad van de rode lichtbundel nogmaals (maar nu met een onderbroken lijn) weergegeven. Geef in deze figuur (globaal) weer hoe de ORANJE lichtstraal vanaf punt A verder gaat en waar deze op het beeldvlak valt. Leg vervolgens in het bijbehorende antwoordvak uit waarom de oranje lichtstraal (globaal) de door jou getekende weg zal volgen.

**Naam:**

**Studienummer:**

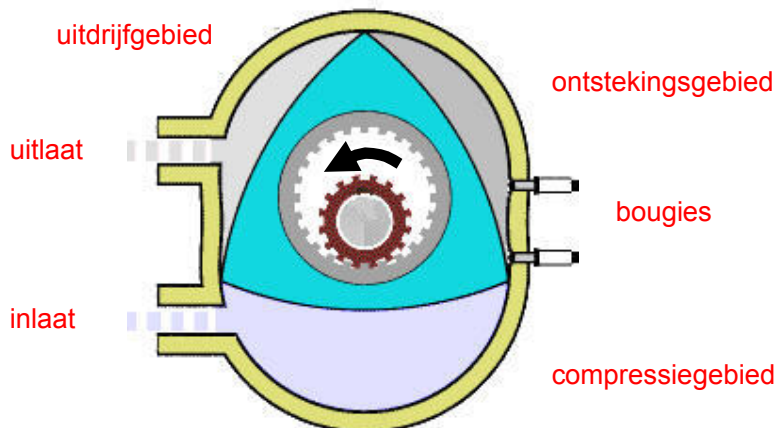


Door kleinere golflengte een grotere brekingsindex en dus een grotere breking. De oranje straal zal onder de rode lopen en bij elk overgangsvlak een grotere breking ondergaan dan de rode straal. Uiteindelijk komt de oranje straal dus lager op het beeldvlak terecht dan de rode straal.

Antwoord C5

**Tentamenvraagstuk D**

D1. Beschouw de wankelmotor in de figuur hieronder. Schrijf in de figuur op de juiste plaats: inlaat, uitlaat, compressiegebied, ontstekingsgebied, uitdrijfgebied, bougies.



D2. Noem 6 grote verschillen tussen een wankelmotor en een viertakt benzinemotor.

Wankelmotor heeft geen cilinders & zuigers  
Wankelmotor heeft veel minder bewegende onderdelen  
Wankelmotor is trillingsarmer  
Wankelmotor met zelfde vermogen is stuk compacter  
Wankelmotor gebruikt meer olie (door problematische afdichting)  
Wankelmotor heeft hoger brandstofverbruik

Antwoord D2

D3. Beschouw een viertakt dieselmotor die vertikaal staat, met de krukas onder en de zuiger boven. Kies uit de onderstaande reeks mogelijkheden de juiste stellingen en zet ze in de juiste volgorde om de Dieselperiode te beschrijven, beginnend bij de inlaatslag.

- a) De zuiger wordt onder hoge druk naar beneden gedrukt (arbeidslag).
- b) Verbrande gassen worden uitgestuwd door de opgaande zuiger.
- c) De uitlaatklep gaat open.
- d) De uitlaatklep gaat dicht.
- e) De inlaatklep gaat dicht.
- f) De inlaatklep gaat open.
- g) Het gas wordt gecomprimeerd (compressieslag).
- h) De zuiger beweegt tegen de druk in naar beneden.
- i) Diesel wordt geïnjecteerd.
- j) Ontbranding wordt door een vonk veroorzaakt.
- k) Ontbranding vindt plaats door adiabatische compressie.
- l) De druk neemt toe door een temperatuurstijging en een sterke toename van de hoeveelheid gasdeeltjes.
- m) De druk neemt toe, voornamelijk door een temperatuurstijging.
- n) Lucht met diesel wordt langs een 'throttle' (smoorklep) aangezogen.
- o) Lucht met diesel wordt NIET langs een 'throttle' (smoorklep) aangezogen.
- p) Uitsluitend lucht wordt langs een 'throttle' (smoorklep) aangezogen.
- q) Uitsluitend lucht wordt NIET langs een 'throttle' (smoorklep) aangezogen.

h, f, q, e, g, i, k, m, a, c, b, d

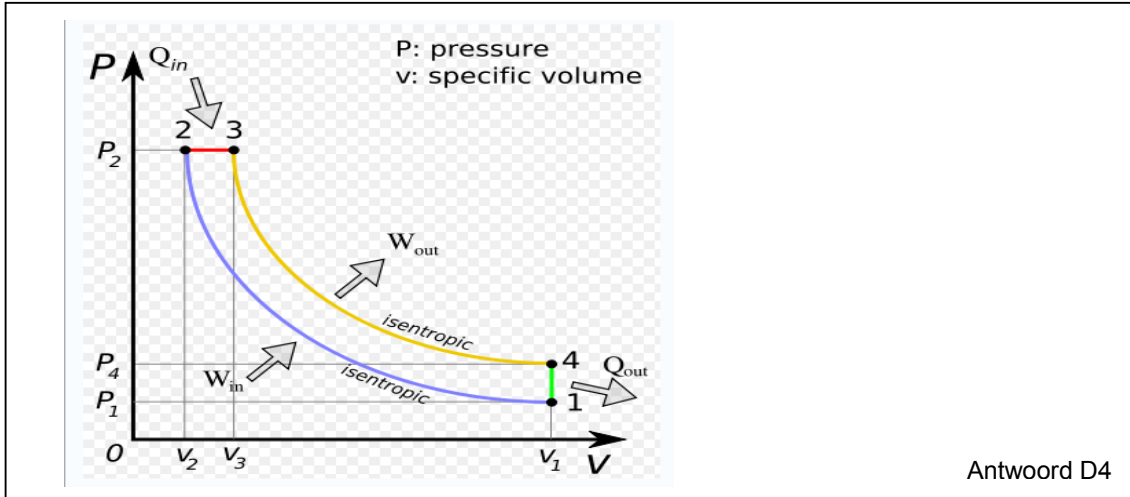
Antwoord D3

D4. Teken het (ideale) P-V diagram van de dieselmotor. Geef de richting aan met pijlen en schrijf compressie (1), verbranding (2), werkslag (3), en uitlaat verbrandingsgassen (4) op de juiste plaatsen.



**Naam:**

**Studienummer:**



Antwoord D4

D5. Ga bij de dieselmotor uit van een ideaal gas. De compressieslag start op volume  $V_1$ , druk  $P_1$  en temperatuur  $T_1$ . Wat worden  $P_2$  en  $T_2$  uitgedrukt in  $V_2$ ,  $V_1$ ,  $P_1$ ,  $T_1$  en de warmtecapaciteitverhouding  $\gamma$  aan het eind van de compressieslag?

$$P_2 = P_1 \cdot (V_1/V_2)^\gamma$$

$$T_2 = T_1 \cdot (V_1/V_2)^{\gamma-1}$$

Antwoord D5

D6. Een 2000 cc viertakt dieselmotor (in een auto) met een compressieverhouding van 1:20 begint de compressieslag op 1 bar en 300 K. Wat zijn de druk en temperatuur aan het eind van de compressieslag? Ga weer uit van een ideaal gas.

$$P_2 = 66 \text{ bar}$$

$$T_2 = 994 \text{ K}$$

Antwoord D6

D7. Bereken de arbeid nodig voor deze compressieslag (eerst symbolen, dan getallen).

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV = \int_{V_1}^{V_2} P_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V}\right)^\gamma \cdot dV = \frac{P_1 \cdot V_1^\gamma}{1-\gamma} \cdot [V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}] = 1160 \text{ J}$$

Antwoord D7

D8. De arbeidslag levert 5x zoveel arbeid dan de compressieslag. Wat is het vermogen van de 2000 cc viertakt dieselmotor bij 4000 RPM (toeren) en een rendement van 30%? (Eerst symbolen, dan getallen, reken met je antwoord op D7).

$$(1160 * 4) \text{ J} * 4000/60 / 2 \text{ (4 takt)} * 0.3 \text{ (rend)} = 4640 * 67 / 2 * 0.3 = 34.7 \text{ kW} = 46 \text{ PK.}$$

(750 Watt /pk)

kW (= ... pk)  
(is dat realistisch?)

Antwoord D8