

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

## Pariser Kanone

### 1 maximumscore 3

uitkomst:  $L = 34$  m (met een marge van 2 m)

voorbeeld van een bepaling:

De lengte van de loop is gelijk aan de door de granaat afgelegde weg. Deze volgt uit de oppervlakte onder de grafiek van figuur 2a:  $L = 34 \pm 2$  m.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafieklijn gevraagd wordt 1
- bepalen van de oppervlakte onder de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

### 2 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen in figuur 2b op  $t = 0,01$  s levert:  $F_{\text{res}} = 6,6 \cdot 10^6$  N.

Aflezen in figuur 2a van de helling van de raaklijn op  $t = 0,01$  s levert:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{0,034 - 0,0035} = 5,90 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-2}.$$

Er geldt:  $F_{\text{res}} = ma$ . Invullen levert:  $m = \frac{F_{\text{res}}}{a} = \frac{6,6 \cdot 10^6}{5,90 \cdot 10^4} = 112$  kg.

Het verschilpercentage met de waarde uit de tabel is

$$\frac{112 - 106}{106} = 0,057 = 5,7\%. \text{ (Dit valt binnen de marge van 10\%.)}$$

- inzicht dat in beide figuren afgelezen moet worden op hetzelfde tijdstip 1
- gebruik van  $F_{\text{res}} = ma$  1
- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (voor de raaklijn) in figuur 2a 1
- uitrekenen van het verschilpercentage 1
- completeren van de bepaling 1

#### Opmerkingen

- De bepaling mag op elk tijdstip in de grafieken gedaan worden.
- Als de kandidaat geen eenheid geeft bij de berekening van de massa, dit niet aanrekenen.
- Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**3 maximumscore 4**

uitkomst:  $\eta = 0,26 = 26\%$

voorbeeld van een berekening:

Bij het ontbranden van 180 kg buskruit komt  $180 \cdot 3,0 \cdot 10^6 = 5,4 \cdot 10^8$  J energie vrij. Deze energie wordt omgezet in onder andere kinetische energie van de granaat.

Daarvoor geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 106 \cdot 1640^2 = 1,43 \cdot 10^8$  J.

Dus geldt:  $\eta = \frac{E_k}{E_{ch}} = \frac{1,43 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^8} = 0,26 = 26\%$ .

- inzicht dat  $\eta = \frac{E_k}{E_{ch}}$  1
- gebruik van  $E_{ch} = r_m m$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat de massa gebruikt die hij/zij berekend heeft in vraag 2, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat bij de nuttige energie toch rekening houdt met de toename van de zwaarte-energie, dit niet aanrekenen.

**4 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- Het model moet stoppen als de granaat de grond raakt.
- (In de y-richting werkt, naast een luchtweerstand, ook de zwaartekracht op de granaat, in negatieve richting:)  $F_y = -F_z - F_{wy}$ .
- $A = \pi r^2 = \pi \cdot 0,10^2 = 3,1 \cdot 10^{-2}$  (m<sup>2</sup>).

- inzicht dat het model moet stoppen als de granaat de grond raakt 1
- inzicht dat  $F_y = -F_z - F_{wy}$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.
- Bij de beantwoording hoeven geen modelregels gebruikt te worden.
- Bij de waarde voor A hoeft de eenheid niet gegeven te worden.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**5 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De granaat komt terug op de grond met een lagere snelheid in de  $y$ -richting dan dat hij weggeschoten wordt (zonder rekening te houden met de richting van de snelheid). De absolute waarde van de steilheid van de raaklijn is in figuur 4a aan het eind kleiner dan aan het begin.

Hieruit volgt dat figuur 4a het  $(y,t)$ -diagram is.

- inzicht dat de granaat met een kleinere snelheid in de  $y$ -richting terugkomt dan dat hij is weggeschoten 1
- consequente conclusie 1

**6 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- De granaat heeft gedurende de hele vlucht een snelheid in de  $x$ -richting.
- Tijdens de val werken er twee krachten op de granaat, de zwaartekracht en de luchtwrijving. (Doordat de dichtheid van de atmosfeer toeneemt bij het naar beneden gaan zal ook de luchtwrijving groter worden, bij dezelfde snelheid.) De granaat zal door de grote luchtwrijving een resulterende kracht tegen de bewegingsrichting ondervinden. De granaat vertraagt daardoor.

- inzicht dat de granaat gedurende de hele vlucht een snelheid in de  $x$ -richting heeft 1
- inzicht dat de luchtwrijving groot is (bij dezelfde snelheid) (als de luchtdichtheid toeneemt) 1
- inzicht dat er daardoor (een component van) de resulterende kracht tegen de bewegingsrichting is 1

**7 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- De oppervlakte onder de grafieklijn geeft de lengte van de baan van de granaat. Fabian wil echter de horizontale afstand die de granaat aflegt, bepalen.
- Aangezien de baan van de granaat een kromme is, zal de lengte van de baan groter zijn dan de gezochte afstand. Fabian komt uit op een te grote afstand.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafieklijn de lengte van de baan van de granaat is 1
- inzicht dat het niet over deze baanlengte gaat, maar over de horizontale afstand 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Een antwoord uitgaande van het inzicht dat  $v_x < v$  goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

## Elektrische gitaar

**8 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat aan de onderkant van de snaar zuidpolen ontstaan 1
- inzicht dat aan de bovenzijde van de snaar polen ontstaan tegengesteld aan de polen aan de onderzijde 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat in plaats van de letter Z de letter S gebruikt, dit niet aanrekenen.*

**9 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De schakeling is een spanningsdelingsschakeling. Om een kleinere spanning naar de versterker te sturen moet de weerstand parallel aan de versterker kleiner worden. Dus moet de knop linksom (*L*) gedraaid worden.

- inzicht dat er sprake is van spanningsdeling 1
- inzicht dat de weerstand parallel aan de versterker kleiner moet worden 1
- consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**10 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

De massa van de snaar geldt:

$$m = \rho V = \rho \left( \frac{1}{4} \pi d^2 \ell \right) = 7,8 \cdot 10^3 \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (1,42 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,645 \right) = 7,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg.}$$

De golfsnelheid in de snaar kan vervolgens berekend worden:

$$v = \sqrt{\frac{F \ell}{m}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^2 \cdot 0,645}{7,97 \cdot 10^{-3}}} = 110 \text{ m s}^{-1}.$$

Er is sprake van de grondtoon en dus geldt voor de golflengte in de snaar:

$$\ell = \frac{1}{2} \lambda \rightarrow \lambda = 2\ell = 2 \cdot 0,645 = 1,29 \text{ m.}$$

Voor de frequentie van de toon geldt dan:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{110}{1,29} = 85 \text{ Hz.}$$

- gebruik van  $m = \rho V$  1
- gebruik van  $V = \frac{1}{4} \pi d^2 \ell$  1
- inzicht dat voor de grondtoon geldt  $\ell = \frac{1}{2} \lambda$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat voor de dichtheid de waarde voor een andere staalsoort kiest, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat voor de dichtheid van roestvrij staal de waarde  $7,9 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  gebruikt, dit goed rekenen
- Als de kandidaat de eenheid niet noteert, dit niet aanrekenen.
- Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

**11 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

In 0,050 s zijn 4,25 trillingen te herkennen. Voor de trillingstijd geldt dan:

$$T = \frac{0,050}{4,25} = 0,0118 \text{ s. De frequentie bedraagt } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0118} = 85 \text{ Hz (met}$$

een marge van 1 Hz)

(Deze frequentie komt overeen met de frequentie van de grondtoon van de E-snaar.)

- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  en aflezen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**12 maximumscore 2**

voorbeelden van een antwoord:

Als de (gemagnetiseerde) snaar door de evenwichtsstand beweegt, is de snelheid en dus de fluxverandering per tijdseenheid het grootst.

Er geldt:  $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$ . Hieruit volgt dat de opgewekte spanning dan het grootst is.

- inzicht dat de snelheid van de trillende snaar maximaal is in de evenwichtsstand 1
- inzicht dat  $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$  1

**13 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Bij één trilling in de z-richting wordt de flux één keer groter en kleiner. Bij één trilling in de y-richting wordt de flux twee keer groter en kleiner. (Het element reageert op fluxveranderingen.) Het element levert dus in één trilling van de snaar twee trillingen in de spanning.

- inzicht dat bij één trilling in de z-richting de flux één keer groter en kleiner wordt 1
- inzicht dat bij één trilling in de y-richting de flux twee keer groter en kleiner wordt 1
- inzicht in het gevolg van deze verdubbeling voor de spanning 1

**14 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Een boventoon wordt niet (of nauwelijks) gedetecteerd als de amplitude van de snaar boven het element (nagenoeg) gelijk is aan 0. Er zal zich dan dus een knoop van de boventoon boven het element bevinden.

De afstand op de foto van element 1 tot aan de brug bedraagt 2,8 cm. De afstand van de brug tot de topkam bedraagt op de foto 11,3 cm.

De verhouding tussen deze twee waarden is  $\frac{11,3}{2,8} = 4,0$ .

Er bevinden zich bij de laagste boventoon die het element niet detecteert dus 4 halve golflengten op de snaar. Dus is het juiste antwoord: b derde boventoon.

- inzicht dat er een knoop boven het element zal liggen 1
- inzicht dat de verhouding tussen de afstand van het element tot de brug en de afstand van de brug tot de topkam bepaald moet worden 1
- completeren van de bepaling en consequente keuze 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

## Elektronendiffractie

### 15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ . Bovendien geldt dat de toename in kinetische energie gelijk is aan de afname van de elektrische energie. In formule:  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$ .

Omschrijven levert:  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ . Invullen in de eerste formule geeft de

gevraagde formule:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$ .

- inzicht dat  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$  1
- inzicht dat  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$  1
- completeren van de afleiding 1

### 16 maximumscore 2

uitkomst:  $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-11}$  m

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$ .

Invullen levert:  $\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 5,0 \cdot 10^3}} = 1,7 \cdot 10^{-11}$  m

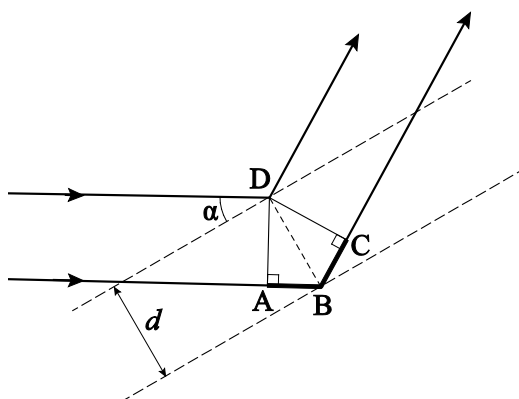
- opzoeken van  $h$ ,  $m$  en  $e$  1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**17 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- De dikke lijnen geven het verschil in weglengte aan:



- Constructieve interferentie treedt op als het weglengteverschil gelijk is aan een geheel aantal maal de golflengte:  $\Delta s = n\lambda$ .

Er geldt:  $\sin \alpha = \frac{AB}{BD} = \frac{\frac{1}{2} \Delta s}{d}$ .

Voor het weglengteverschil geldt dan:  $\Delta s = 2d \sin \alpha$ .

Combineren levert formule (2).

- aangeven van het verschil in weglengte in de figuur 1
- inzicht dat  $\Delta s = n\lambda$  1
- inzicht dat  $\sin \alpha = \frac{AB}{BD}$  1
- completeren van de afleiding 1

**18 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Ook voor de verschillende ringen geldt:  $2d \sin \alpha = n\lambda$ . Dus als  $\lambda$  hetzelfde blijft, is bij kleinere  $d$  de waarde van  $\sin \alpha$  groter. Dus is de hoek groter. Dus hoort  $d_1$  bij de buitenste ring.

- inzicht dat voor de ringen geldt  $2d \sin \alpha = n\lambda$  1
- consequente conclusie 1



Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**19 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Bij lage versnelspanningen (krijgen de elektronen een lagere snelheid en) wordt de de Broglie-golflengte te groot om interferentie te zien. De de Broglie-golflengte moet kleiner zijn dan  $2d$ .

- inzicht dat de de Broglie-golflengte groter wordt bij een lagere versnelspanning 1
- inzicht dat de de Broglie-golflengte kleiner moet zijn dan  $2d$  1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat voor het tweede scorepunt antwoordt:  $\sin \alpha$  wordt groter dan 1, dit goed rekenen.
- Als de kandidaat bij het tweede scorepunt antwoordt dat de de Broglie-golflengte in de orde van grootte moet zijn van de afstanden tussen de lijnen, dit goed rekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

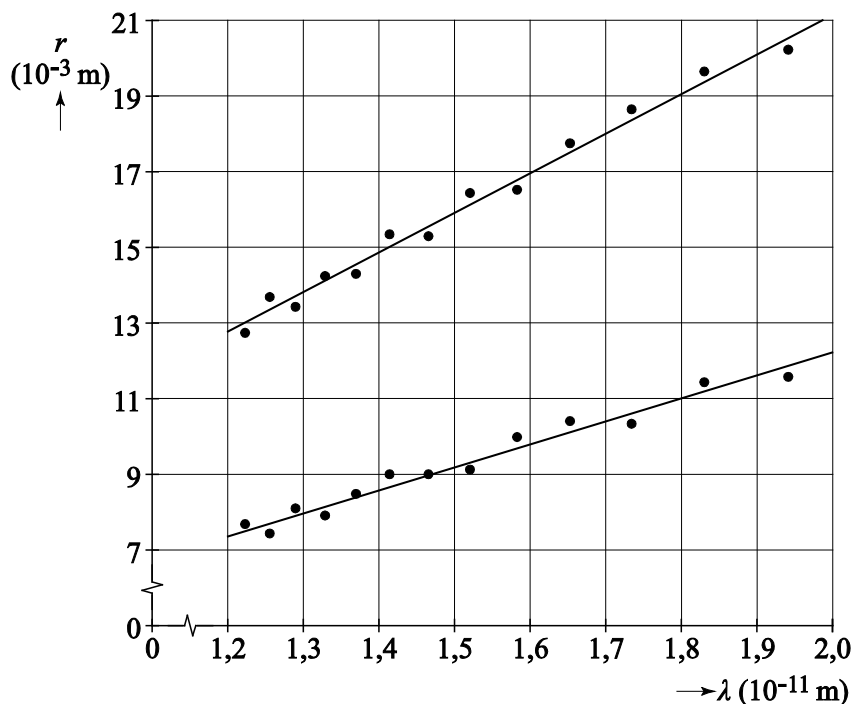
**20 maximumscore 4**

uitkomst :  $d = 1,2 \cdot 10^{-10}$  m (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-10}$  m)

voorbeeld van een bepaling:

Door de punten is een lijn te tekenen.

De helling van de lijn is gelijk aan  $\frac{2R}{d}$ .



Voor de bovenste lijn geldt dan:

$$\text{helling} = \frac{0,021 - 0,013}{1,98 \cdot 10^{-11} - 1,22 \cdot 10^{-11}} = 1,05 \cdot 10^9 = \frac{2R}{d}$$

$$\text{Omschrijven levert: } d = \frac{2 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^9} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

- tekenen van een lijn door de punten 1
- inzicht dat voor de helling van de lijn geldt:  $\text{helling} = \frac{2R}{d}$  1
- aflezen van de helling in de figuur op de uitwerkbijlage / aflezen van een punt op de lijn 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

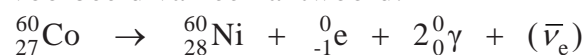
*Als de kandidaat een punt neemt dat niet op de lijn ligt, het derde scorepunt niet toekennen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

## Gamma-chirurgie

**21 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:



- elektron (en anti-neutrino) rechts van de pijl 1
- inzicht in het vrijkomen van twee  $\gamma$ -fotonen 1
- nikkel-60 als vervalproduct mits verkregen via een kloppende reactievergelijking 1

**22 maximumscore 3**

uitkomst:  $\lambda_2 = 9,32 \cdot 10^{-13}$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van foton  $\gamma_2$  geldt:  $E_{\gamma_2} = 1,33$  MeV.

Voor de golflengte geldt:

$$E_{\gamma_2} = \frac{hc}{\lambda_2} \rightarrow \lambda_2 = \frac{hc}{E_{\gamma_2}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{1,33 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}} = 9,32 \cdot 10^{-13} \text{ m.}$$

- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- fotonenergie in joule 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $m = 2,6 \cdot 10^{-5}$  kg

voorbeeld van een berekening:

Het aantal atoomkernen kan berekend worden met behulp van de activiteit:

$$A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N \rightarrow N = \frac{A t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2}.$$

Voor de halveringstijd van cobalt-60 geldt:  $t_{\frac{1}{2}} = 5,27 \text{ jr} = 1,66 \cdot 10^8 \text{ s}$ .

Voor het aantal atoomkernen geldt daarmee:

$$N = \frac{A t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{1,1 \cdot 10^{12} \cdot 1,66 \cdot 10^8}{\ln 2} = 2,64 \cdot 10^{20}.$$

De massa van het cobalt-60 in een bron kan berekend worden met de atoommassa:  $m = N m_{\text{at}} = 2,64 \cdot 10^{20} \cdot 60 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ .

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- opzoeken van de halveringstijd van cobalt-60 1
- inzicht dat  $m = N m_{\text{at}}$  1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**24 maximumscore 5**

uitkomst:  $t = 1,5 \cdot 10^3$  s (= 25 min)

voorbeeld van een berekening:

Voor het volume van de bolvormige tumor geldt:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (0,015)^3 = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

De massa van de tumor bedraagt dan:

$$m = \rho V = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{-5} = 0,0141 \text{ kg}.$$

Per radioactief verval van cobalt-60 komen twee  $\gamma$ -fotonen vrij: een  $\gamma$ -foton met een energie van  $1,48 - 0,31 = 1,17$  MeV en een  $\gamma$ -foton met een energie van 1,33 MeV. Per verval komt er dus 2,50 MeV aan energie vrij in de vorm van  $\gamma$ -straling.

De hoeveelheid geabsorbeerde energie in de tumor in één seconde bedraagt:

$$E = 3,5 \cdot 10^9 \cdot 2,50 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

Voor de stralingsdosis in één seconde geldt dan:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,40 \cdot 10^{-3}}{0,0141} = 0,0994 \text{ Gy}.$$

Voor de tijd die de patiënt bestraald moet worden, geldt dan:

$$t = \frac{150}{0,0994} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ s (= 25 min)}.$$

- gebruik van  $m = \rho V$  1
- gebruik van  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$  1
- inzicht dat de energie per verval gelijk is aan de optelling van de twee  $\gamma$ -foton-energieën 1
- gebruik van  $D = \frac{E}{m}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat voor water uitgaat van  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , dit goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**25 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Vanwege het radioactieve verval van cobalt-60 zal de activiteit in de loop van de tijd afnemen. (Dit betekent dat er minder energie zal worden uitgestraald door de bronnen en er dus ook minder energie zal worden geabsorbeerd door de tumor.) Dit kan gecompenseerd worden door een langere bestralingstijd.

- inzicht in een afname van de activiteit van de radioactieve bronnen 1
- consequente conclusie 1