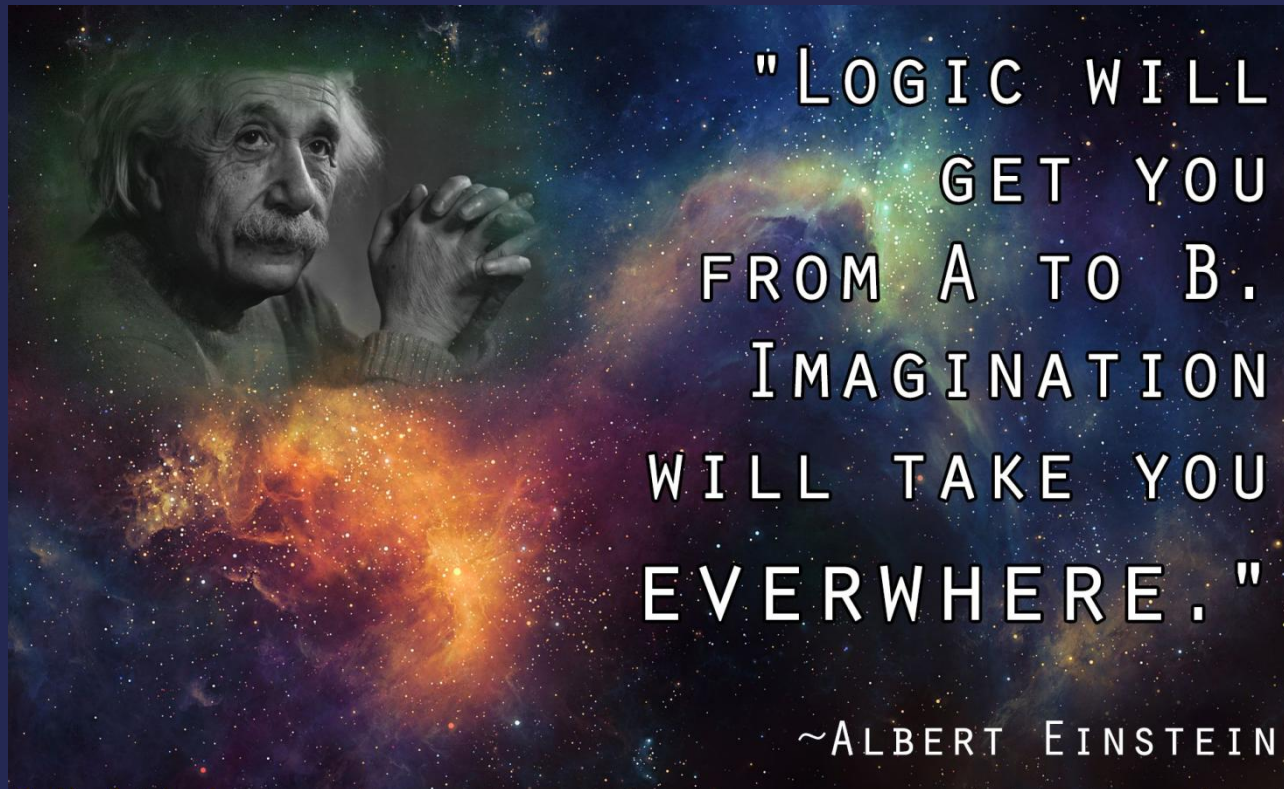


Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



Frans Hermans
september 2016 ¹

Inhoud

1. A.

Equivalentieprincipe van het foton:

$$m // E \text{ en } E = mc^2$$

B.

Equivalentieprincipe van de valbeweging:

$$F_g // g, h = \frac{1}{2} gt^2 \text{ en } g // t^2 \text{ (gravitatie Theorie)}$$

2. A.

Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering

B.

Relativiteitstheorie

Opmerkingen vooraf

1. Losse opmerkingen
2. Zwaartekracht
3.
 - Statisch Heelal
 - Dynamisch Heelal

Losse opmerkingen

$h = \frac{1}{2} gt^2$ is afkomstig van
Christiaan Huygens
(en van Isaac Newton)

Losse opmerkingen

Einstein vond de benaming

relativiteitstheorie

niet juist.

Losse opmerkingen

Einstein vond de volgende benamingen die Minkowski voorstelde, wel goed:

a) Invariantietheorie

a) Theorie van de invariante postulaten

Losse opmerkingen

Bij de *relativiteitstheorie* is het begrip

RELATIE

heel belangrijk.

Losse opmerkingen

Deel 1A: $m // E$ en $E = mc^2$ is noodzakelijk om aan te tonen dat het foton gevoelig is voor de zwaartekracht.

- in deel 1B: $F_g // g$, $h = \frac{1}{2} gt^2$, $g // t^2$ en
- deel 2A Afbuiging van sterlicht en
- deel 2B Relativiteitstheorie →
Euclidische wiskunde

Losse opmerkingen

Waarom Euclidische wiskunde?

Omdat voor de berekening van de afbuiging de enige aanknopingspunten zijn:

- de lichtsnelheid
- de versnelling g van de zwaartekracht

Losse opmerkingen

De werkelijke berekening van de afbuiging wordt niet uitgevoerd,

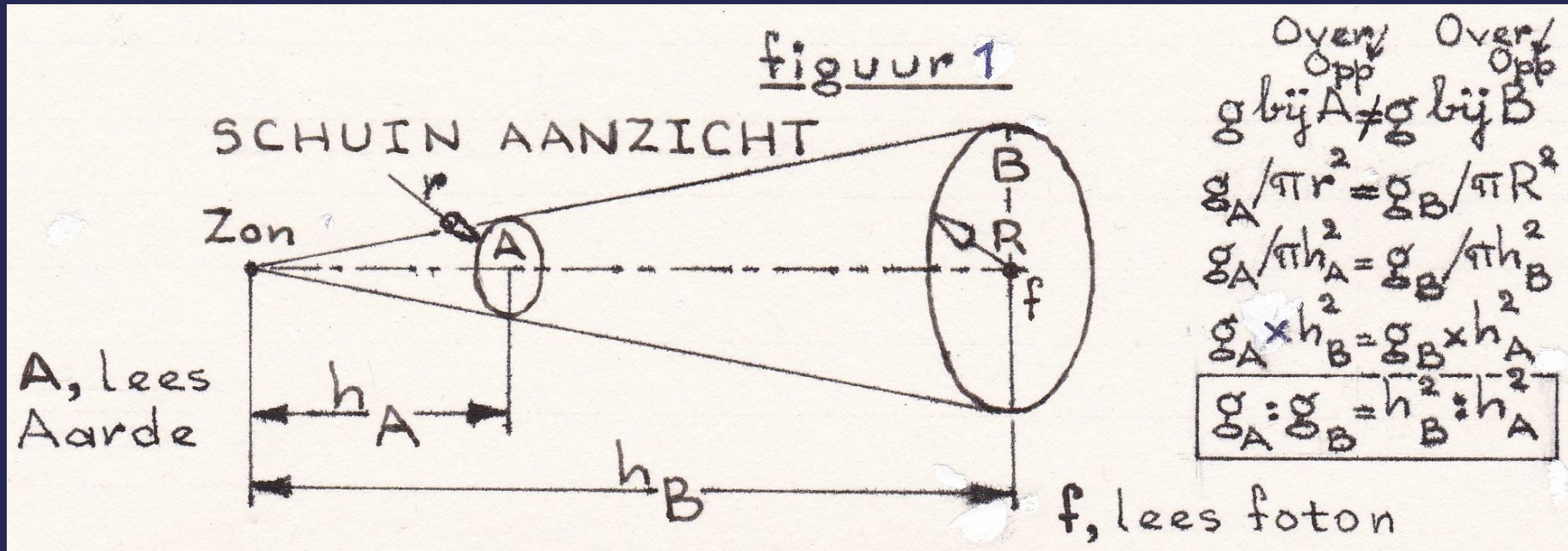
wél wordt aangetoond hoe deze berekening tot stand komt.

Zwaartekracht

Zwaartekracht doet zich zonder frequentie voor als straling; denk aan licht en geluid.

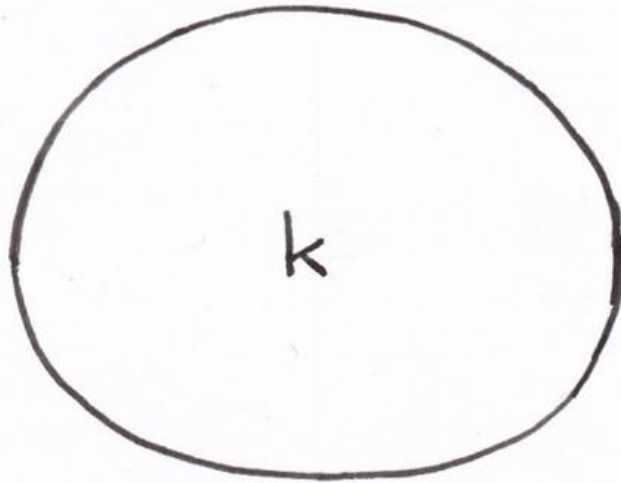
Het bijzondere van de zwaartekracht is dat zwaartekracht zich *naar de bron toe* beweegt, in tegenstelling tot licht en geluid.

Zwaartekracht



Statisch heelaal

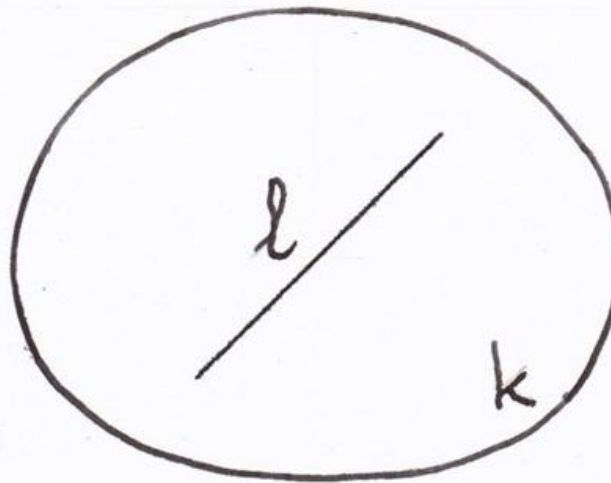
figuur 2



lege ruimte k

Statisch heelal

figuur 3

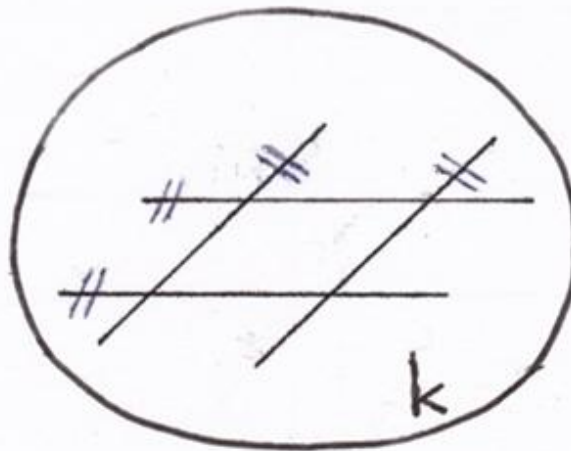


rechte lijn l
in k ($m=0$)

VIRTUEEL

Statisch heelaal

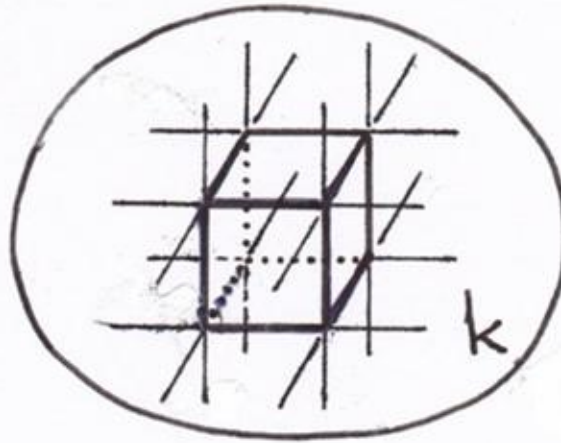
figuur 4



vier rechte lijnen
(2×2 evenwijdig
en $m=0$) in ruimte k

Statisch heelal

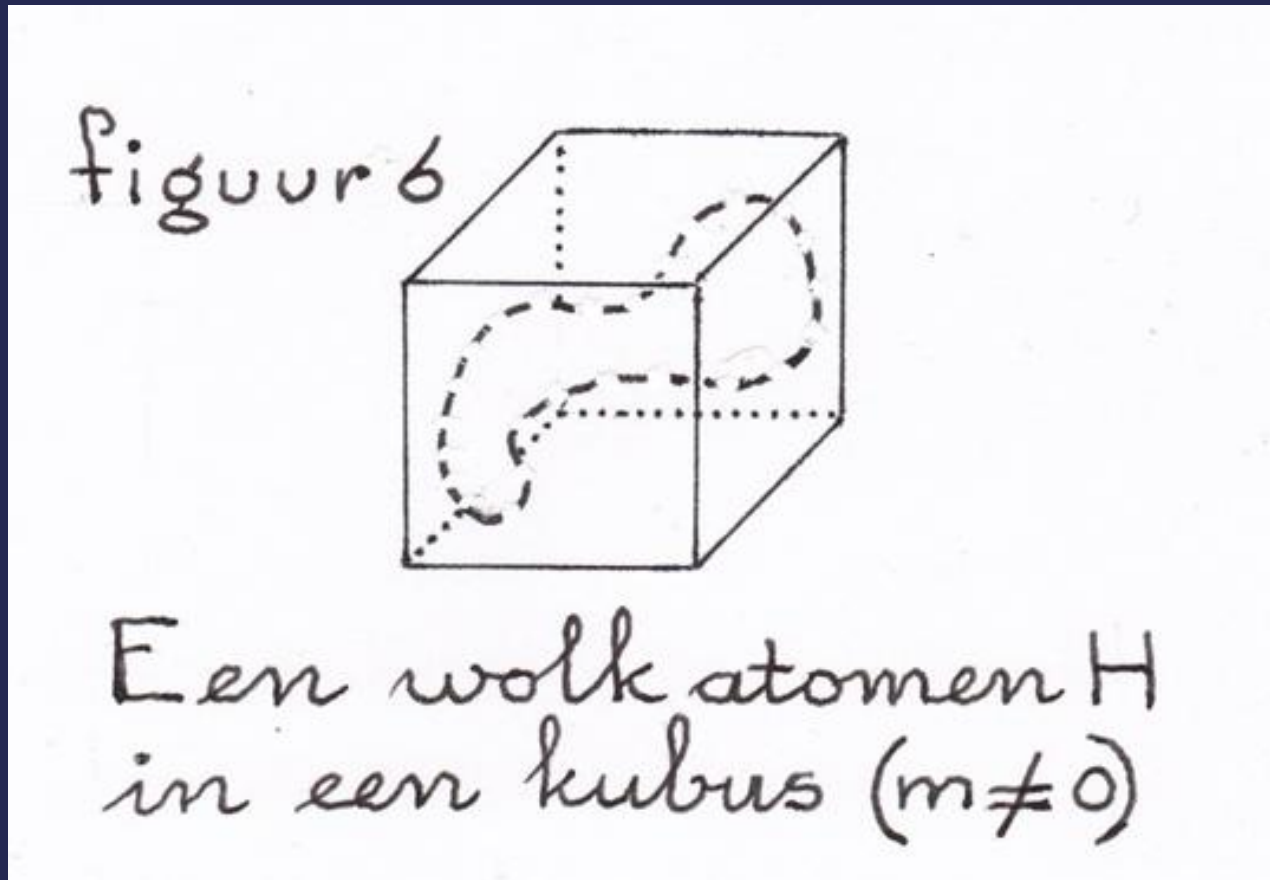
figuur 5



kubus in k
(er $m=0$)

De dun getrokken lijnen bij 'kubus in k' waarbij geen massa aanwezig is, vertegenwoordigen het naderende zwaartekrachtsveld.

Tussenvorm statisch - dynamisch heelal



Als gevolg van cohesie: wolk vormt zich tot een bol

- dit is alléén mogelijk als de tijd t gaat lopen, want de vorming van de afgelegde weg s wordt bepaald door $\frac{1}{2}gt^2$!

Dynamisch heelal



De rechte lijnen die het zwaartekrachtsveld vertegenwoordigen vervormen

→ gekromde ruimte

Fotonen bewegen dus via de gekromde lijn.

1.A. Equivalentieprincipe van het foton

Mozart:

Kegelstatt Trio voor piano, viool en klarinet
KV498 (1786)



Equivalentieprincipe van het foton

Christiaan Huygens:

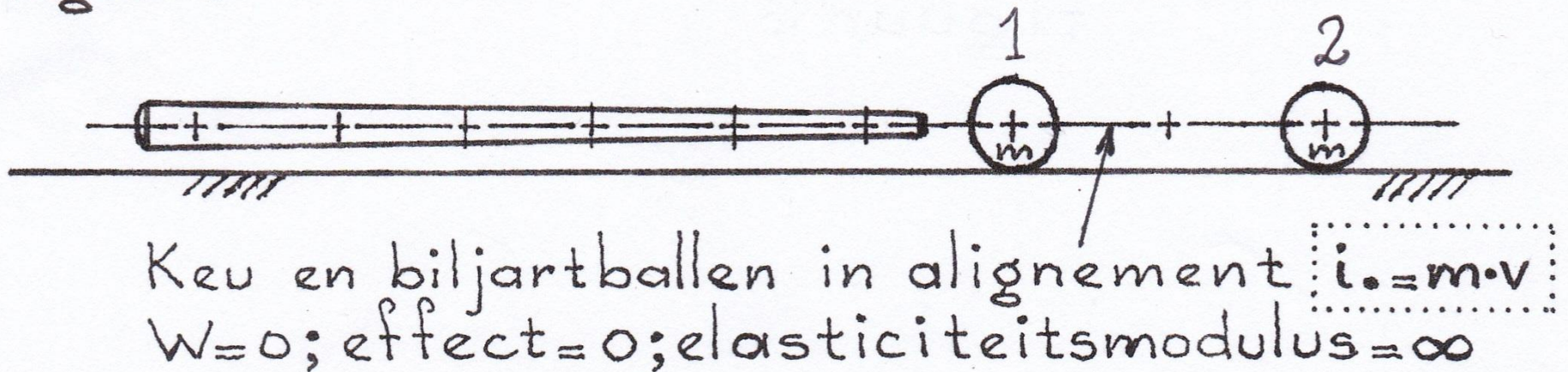
berekeningen impuls i bij botsingen (1600)

$$\rightarrow i. = mv \text{ (in } kgm/s)$$

$$\rightarrow i_{.voor} = i_{.na}$$

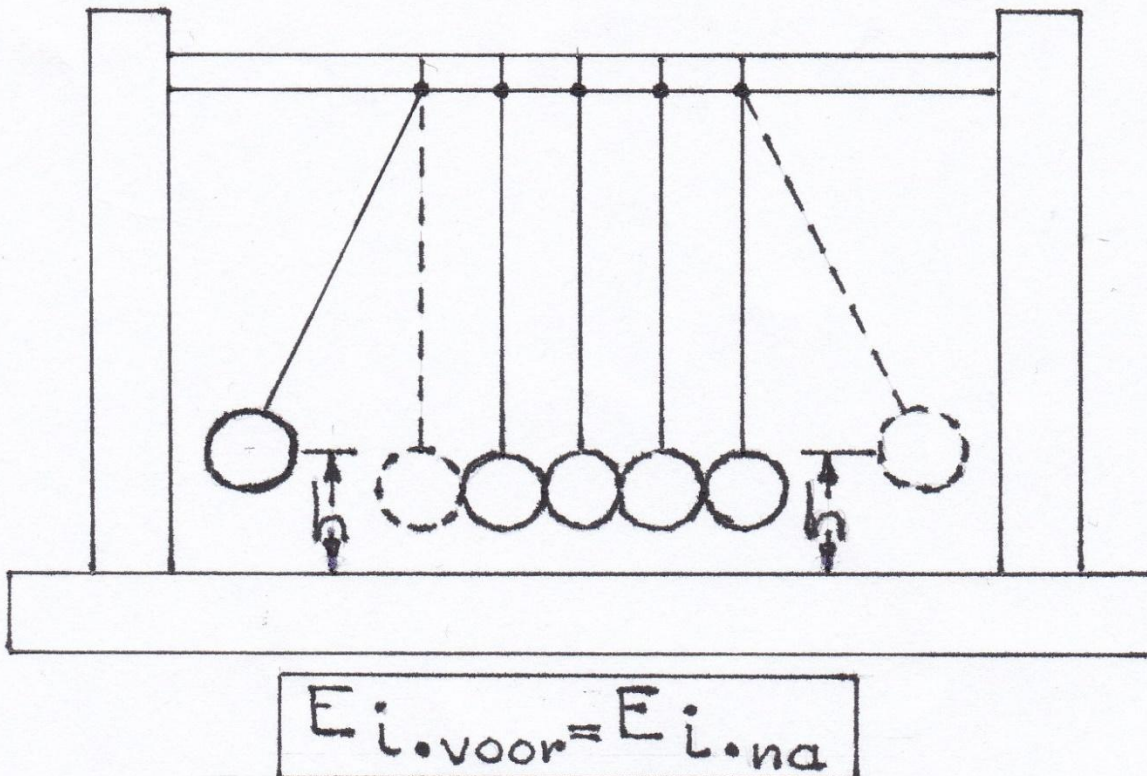
Equivalentieprincipe van het foton

figuur 8



Equivalentieprincipe van het foton

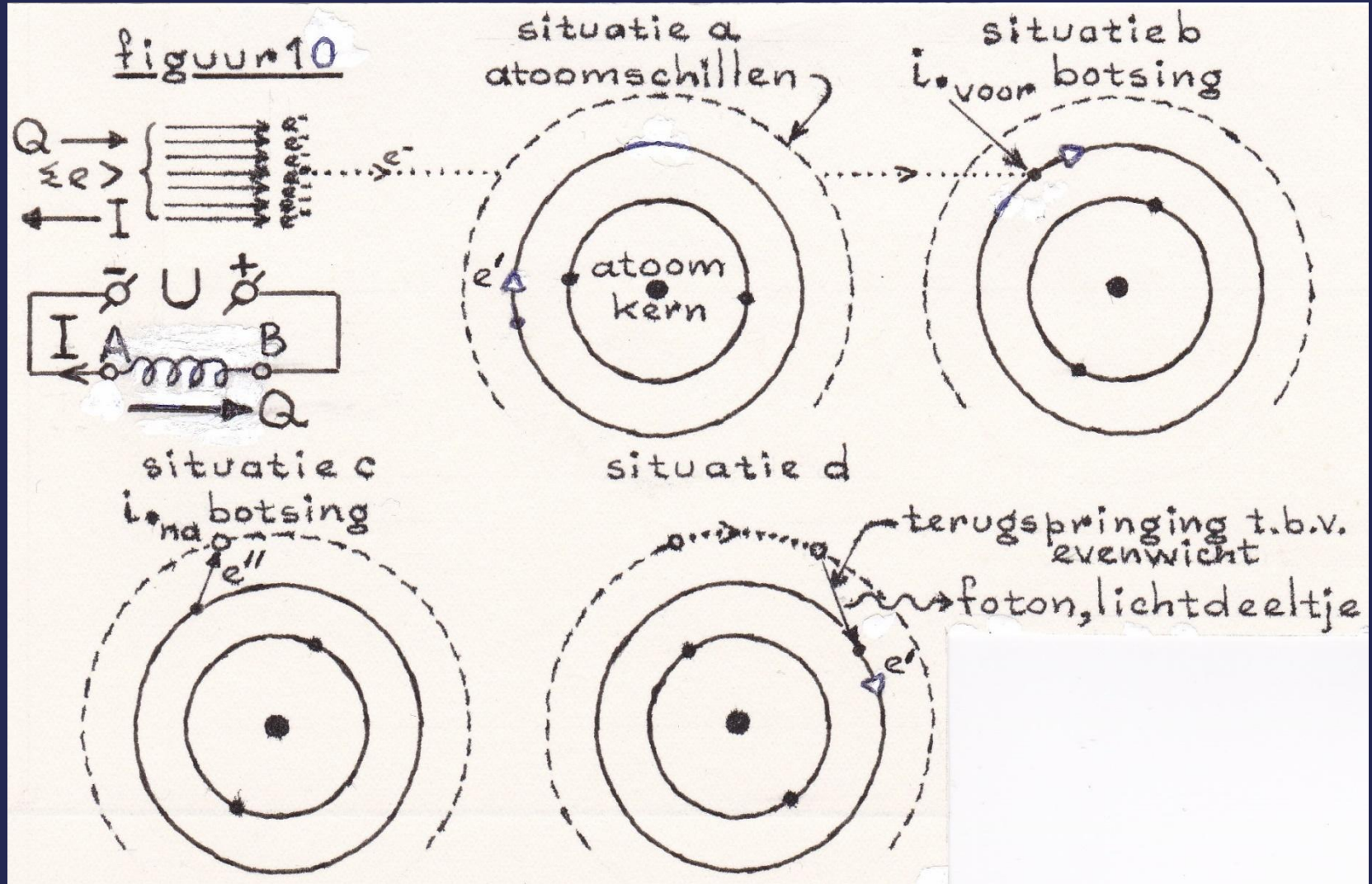
- De wet van behoud van energie bij de impuls voor en na de botsing(en)



Deze proef laat zien de "wet van behoud van de energie" bij de impuls voor en na de botsing(en).

figuur 9

Equivalentieprincipe van het foton



Equivalentieprincipe van het foton

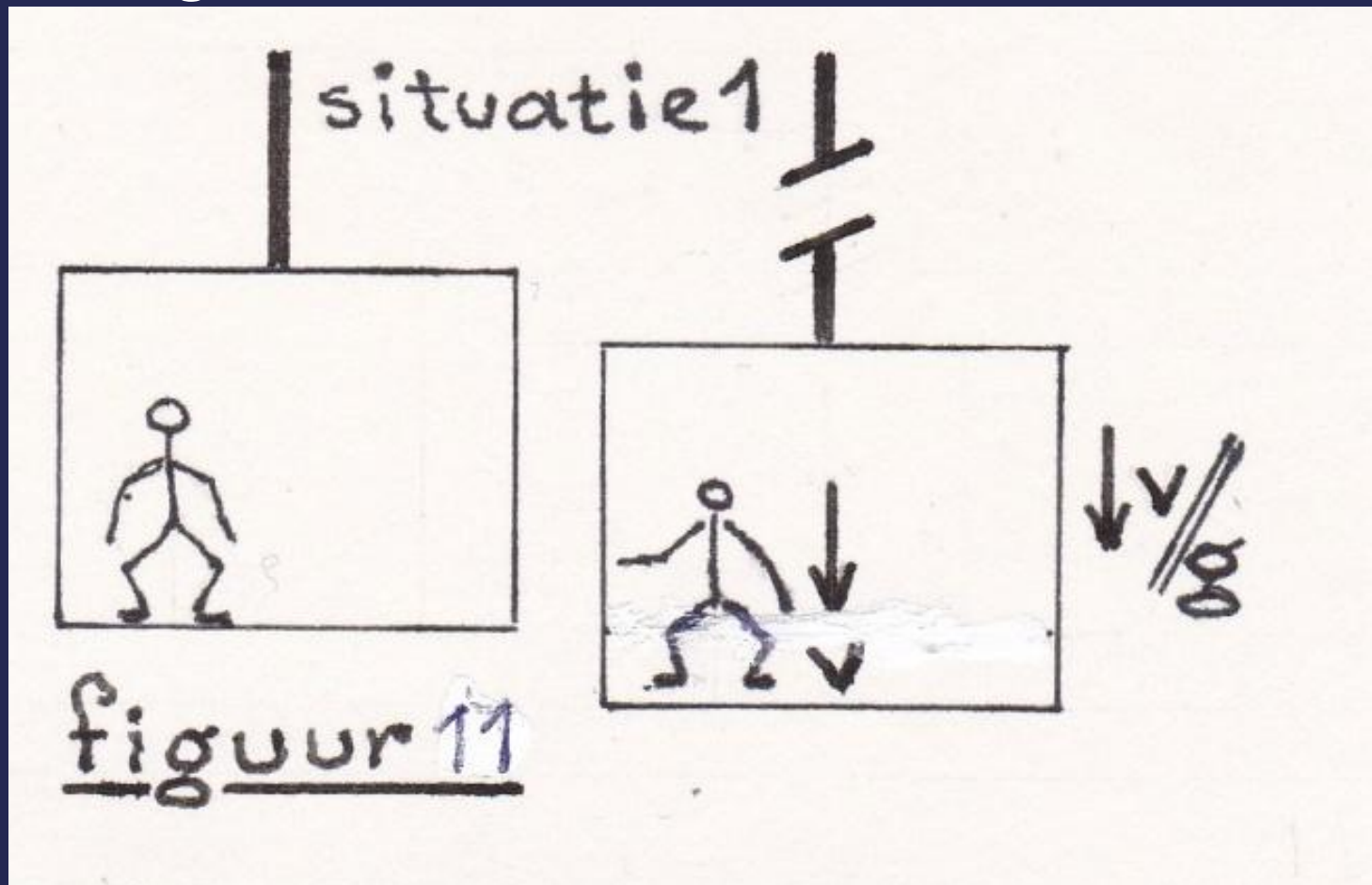
$$E_{foton} = m_{foton} \cdot c^2$$

$$c^2 = \frac{E_{foton}}{m_{foton}} \rightarrow m_{foton} // E_{foton}$$

= equivalentieprincipe → relatie

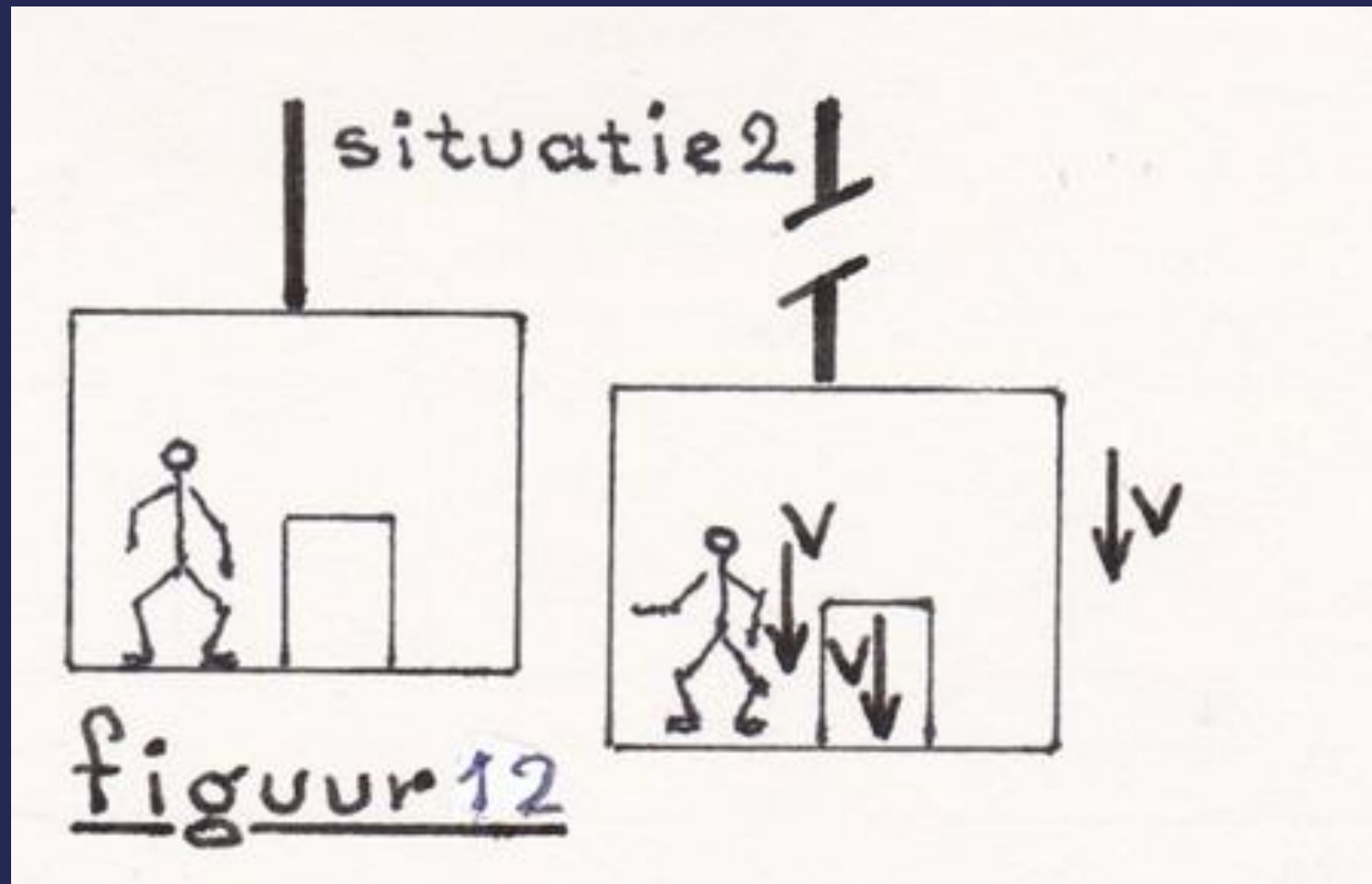
1.B. Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

de lift : $F_g // g$ en $h = \frac{1}{2} g t^2$



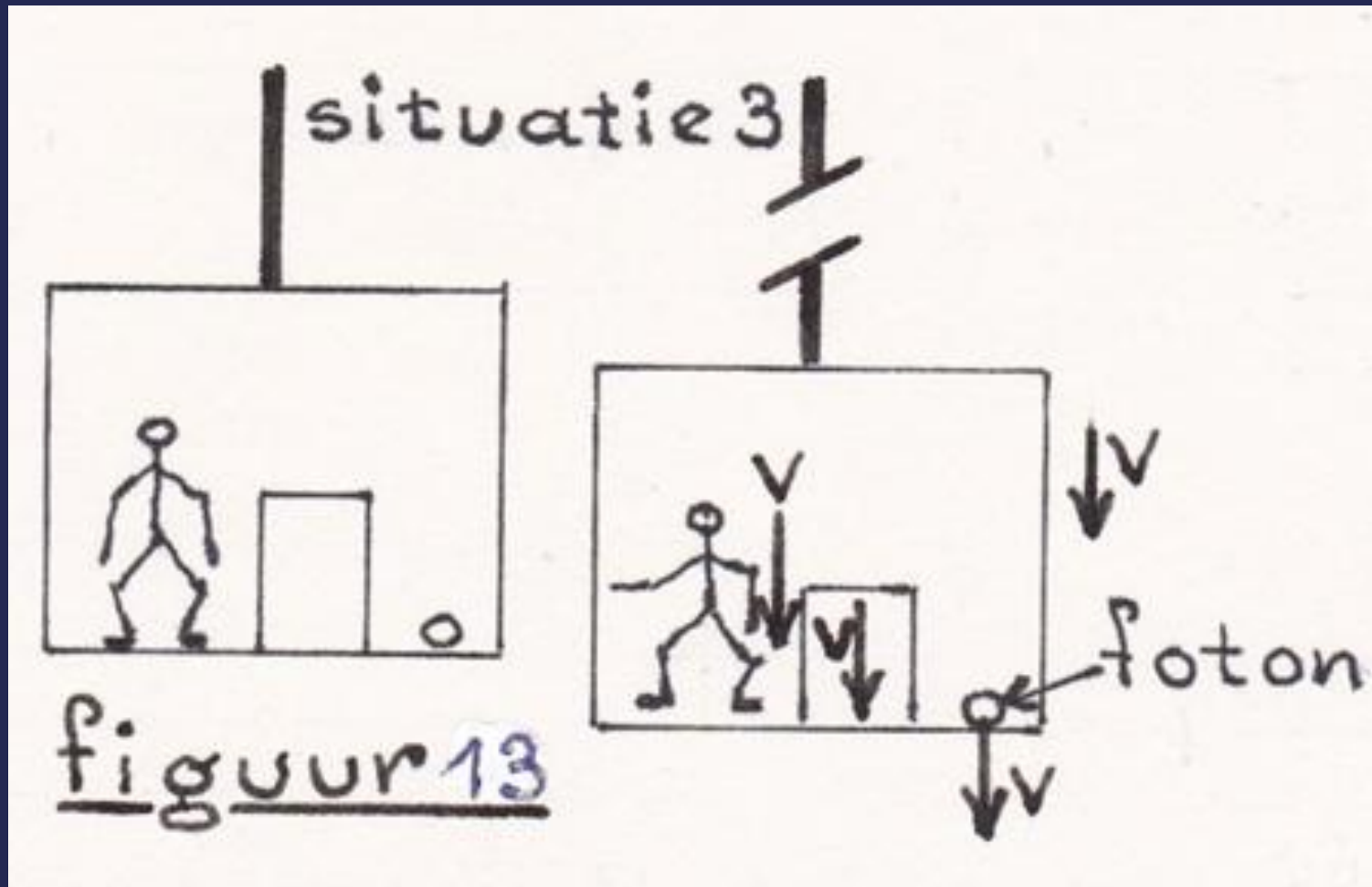
Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

de lift



Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

de lift



Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

- gravitatieprincipe: $F_g // g$
gelijkwaardigheid van zwaartekracht en zijn (ontwikkelde) versnelling
- valbeweging: niet de grootte van de zwaartekracht is bepalend voor de zwaartekrachtsbeweging, maar wel de grootte van de zwaartekrachtsversnelling g
- $g = \frac{2h}{t^2}$ (in m/s²) $\rightarrow$ massa speelt geen rol!
- massa van het voorwerp zelf speelt geen rol, maar wel de massa van het voorwerp waar die naartoe valt

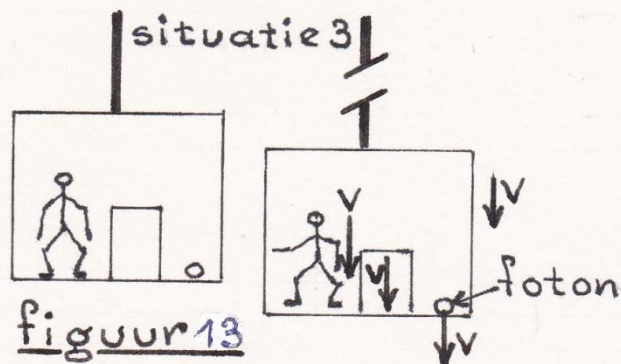
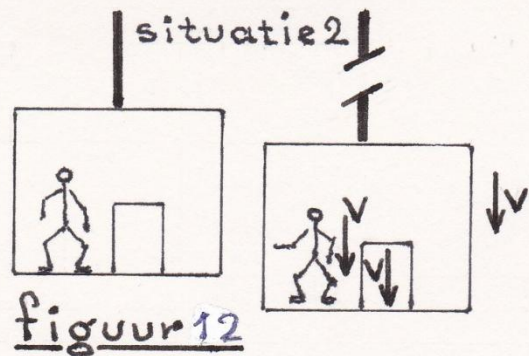
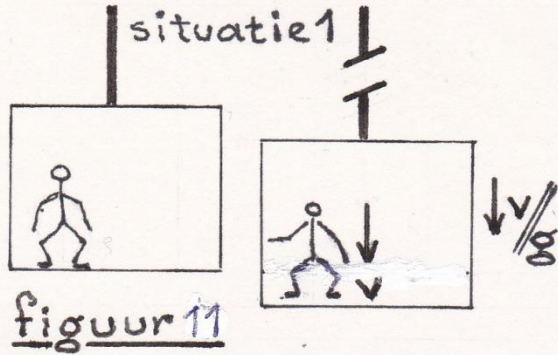
Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

De valbeweging bij een kabelbreuk van een lift was een *doorbraak* in Einstein's denken →

een oplossing zonder wiskunde!:

$$F_g // g$$

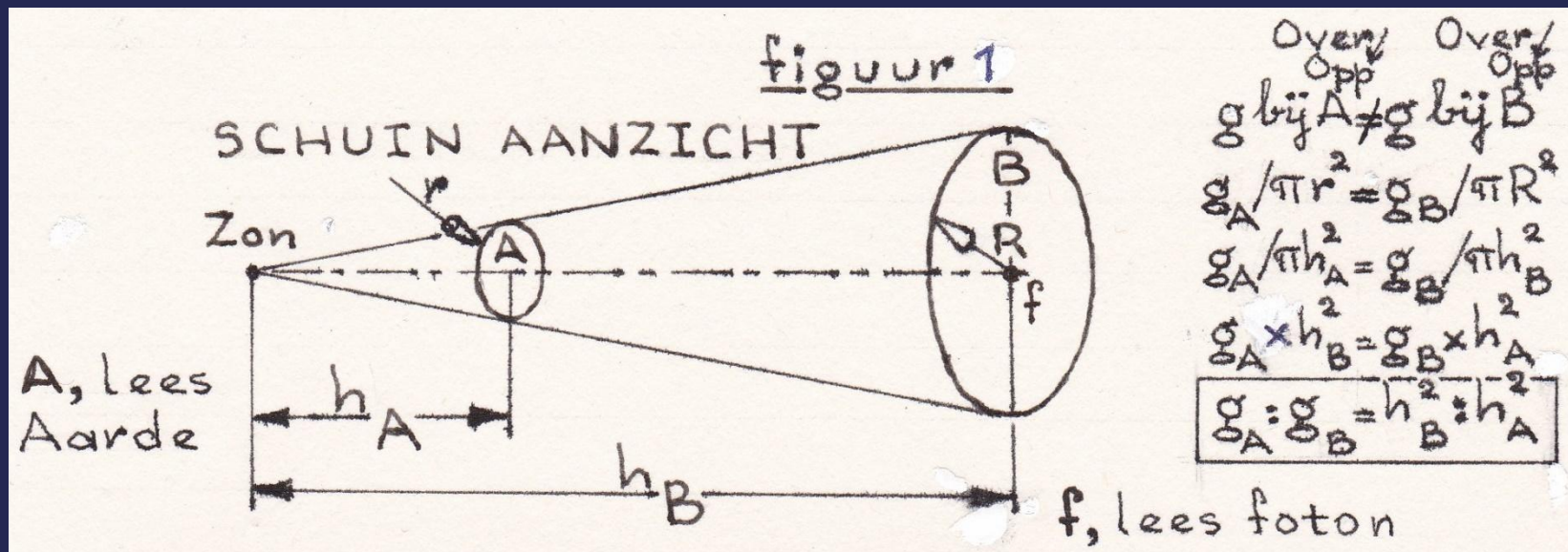
Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)



onafhankelijk van de
grootte van de massa's
bewegen bij de val
alle voorwerpen op
hetzelfde moment met
exact gelijke snelheid v
tengevolge van de versnelling g
van de zwaartekracht

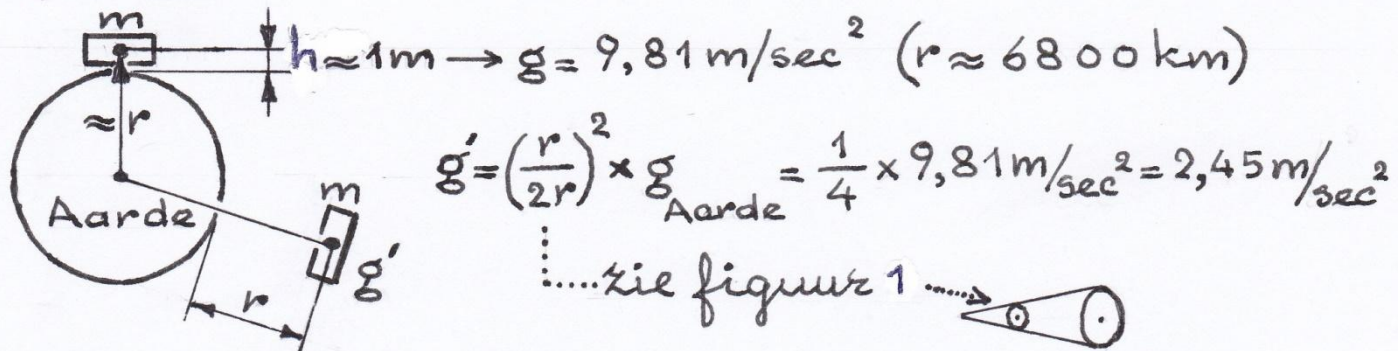
Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

- Straling van geluid, licht, magnetische flux, zwaartekracht is afkomstig van of gaat naar hun specifieke bron.
- Naarmate die straling verder verwijderd is van de bron zal de intensiteit, de hoeveelheid straling per oppervlakte, lager zijn.



Equivalentieprincipe van de valbeweging (gravitatie)

Een gedachte over Aardse omstandigheden:
Gegevens, g gevraagd bij hoogte van een
figuur 14 massa m .



Berekening g_{Zon} bij het zonoppervlak; gegeven:
 $g_{\text{aardoppervlak}} = 9,81 \text{ m/sec}^2$, $R_{\text{Aarde}} \approx 6794 \text{ km}$, $R_{\text{zon}} \approx 696000 \text{ km}$ en massa Zon/massa Aarde = 328946

Oplossing: $g_{\text{Zon}} = g_{\text{Aarde}} \times \frac{m_{\text{Zon}}}{m_{\text{Aarde}}} \times \frac{1}{(R_{\text{Zon}}/R_{\text{Aarde}})^2}$

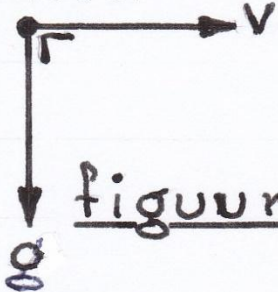
$$= 9,81 \text{ m/s}^2 \times 328946 \times \frac{1}{\left(\frac{696000 \text{ km}}{6794 \text{ km}}\right)^2}$$

$$= \underline{\underline{307,5 \text{ m/sec}^2}}$$

Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering – wiskundige voorbereiding

Oplossing:

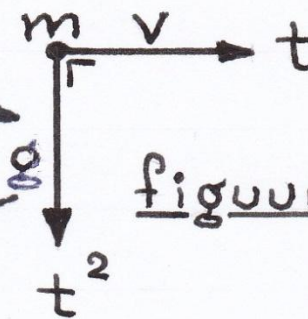
massa



figuur 15

$s = \text{afgelegde weg}$
 $s_v = vt$ of $s_v :: t$
 $s_a = \frac{1}{2}at^2$ of $s_g :: t^2$

:: lees: evenredig met

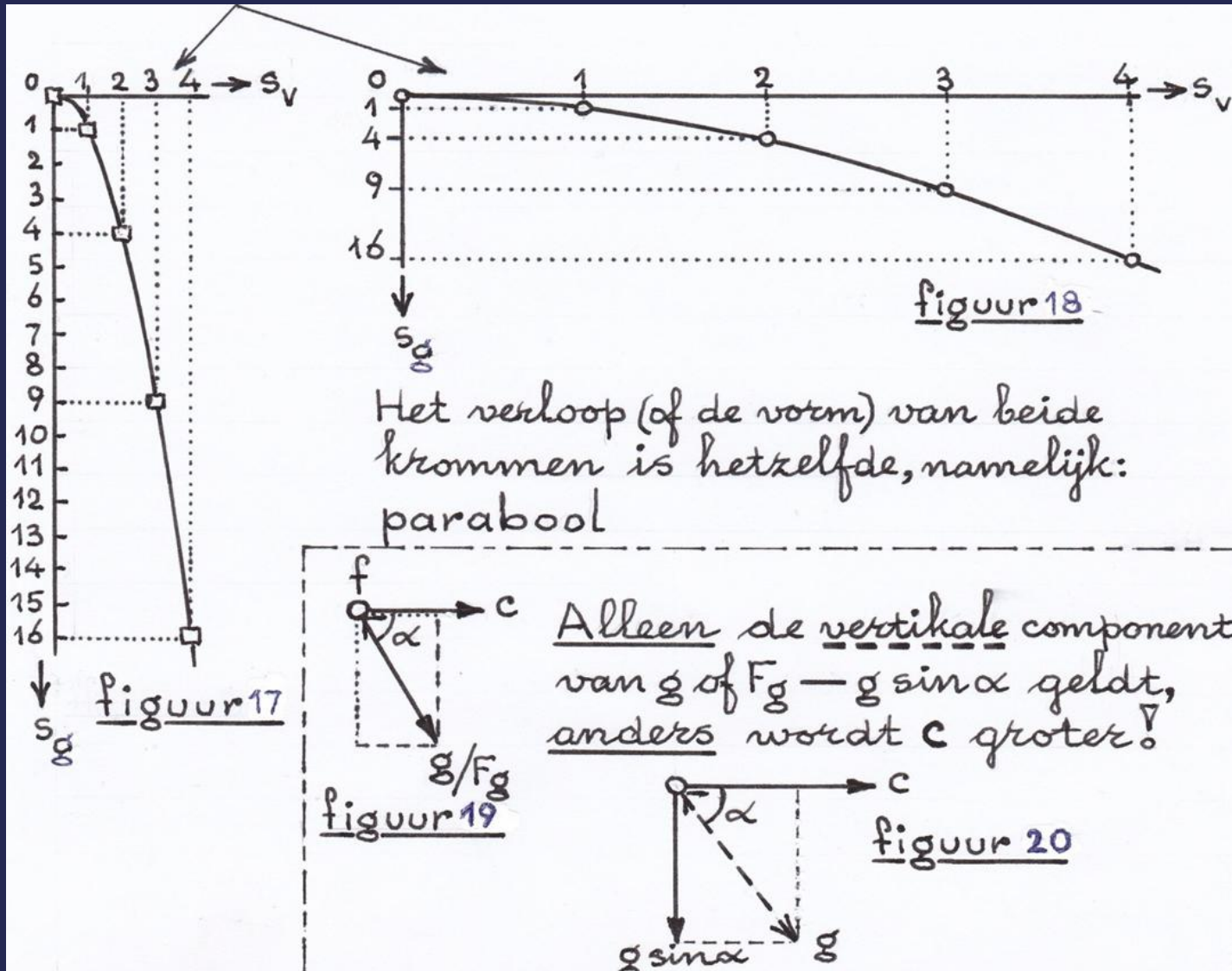


figuur 16

t	0	1	2	3	4
t^2	0	1	4	9	16

enz.

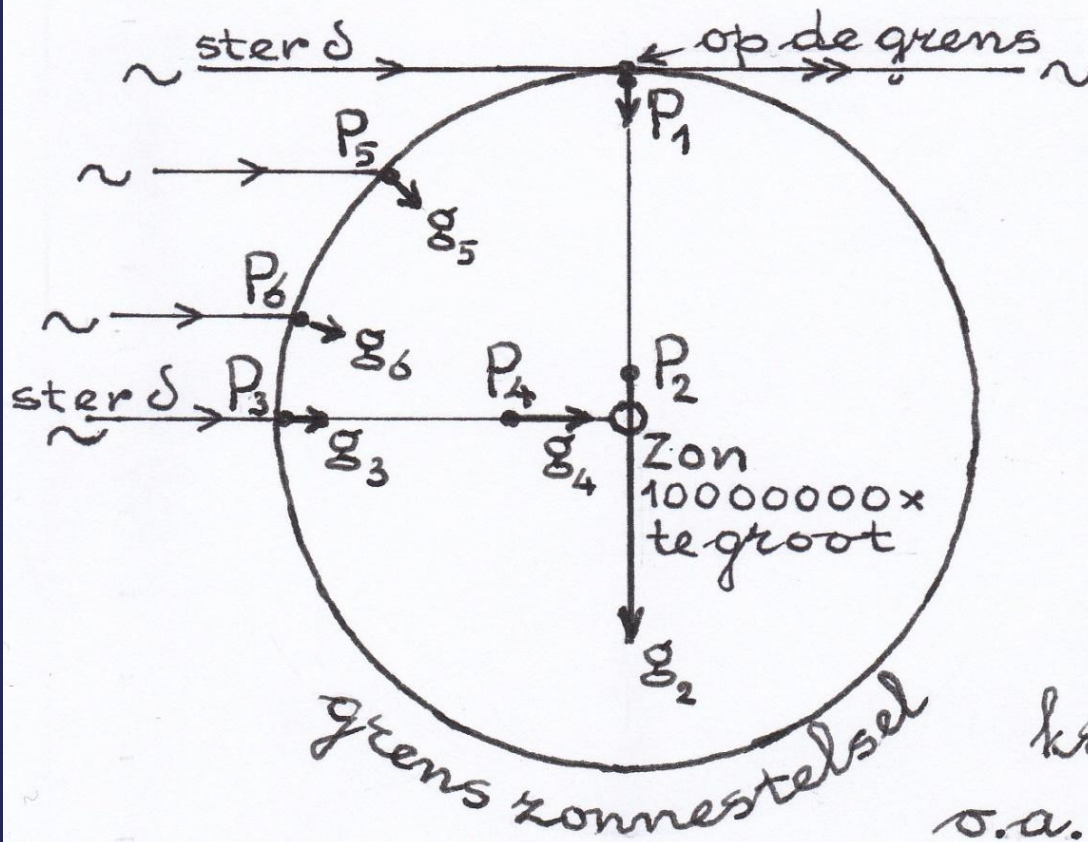
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering – wiskundige voorbereiding



2.A. Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering

figuur 21

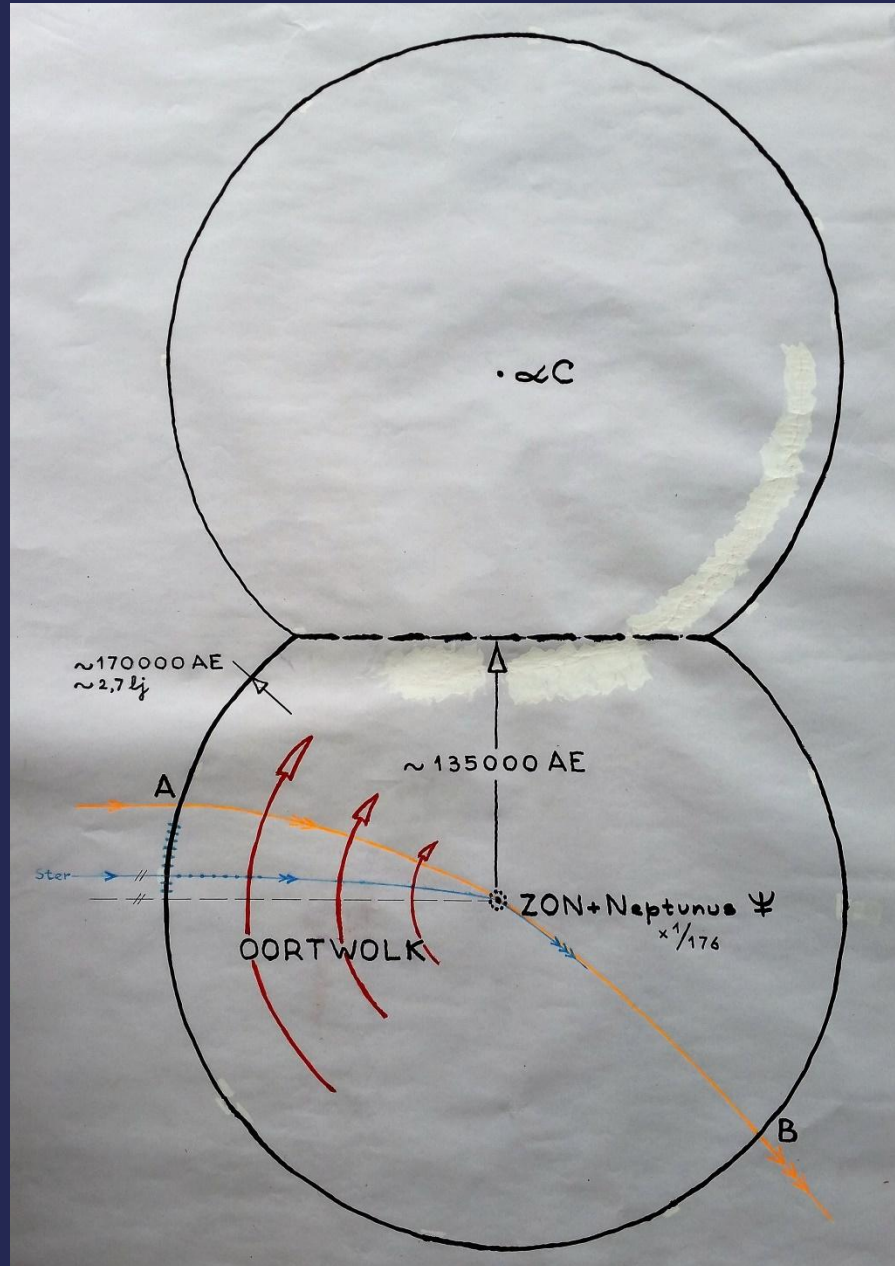
P_1, P_3, P_5 en P_6 bevinden zich net onder de grens van het zonnestelsel.



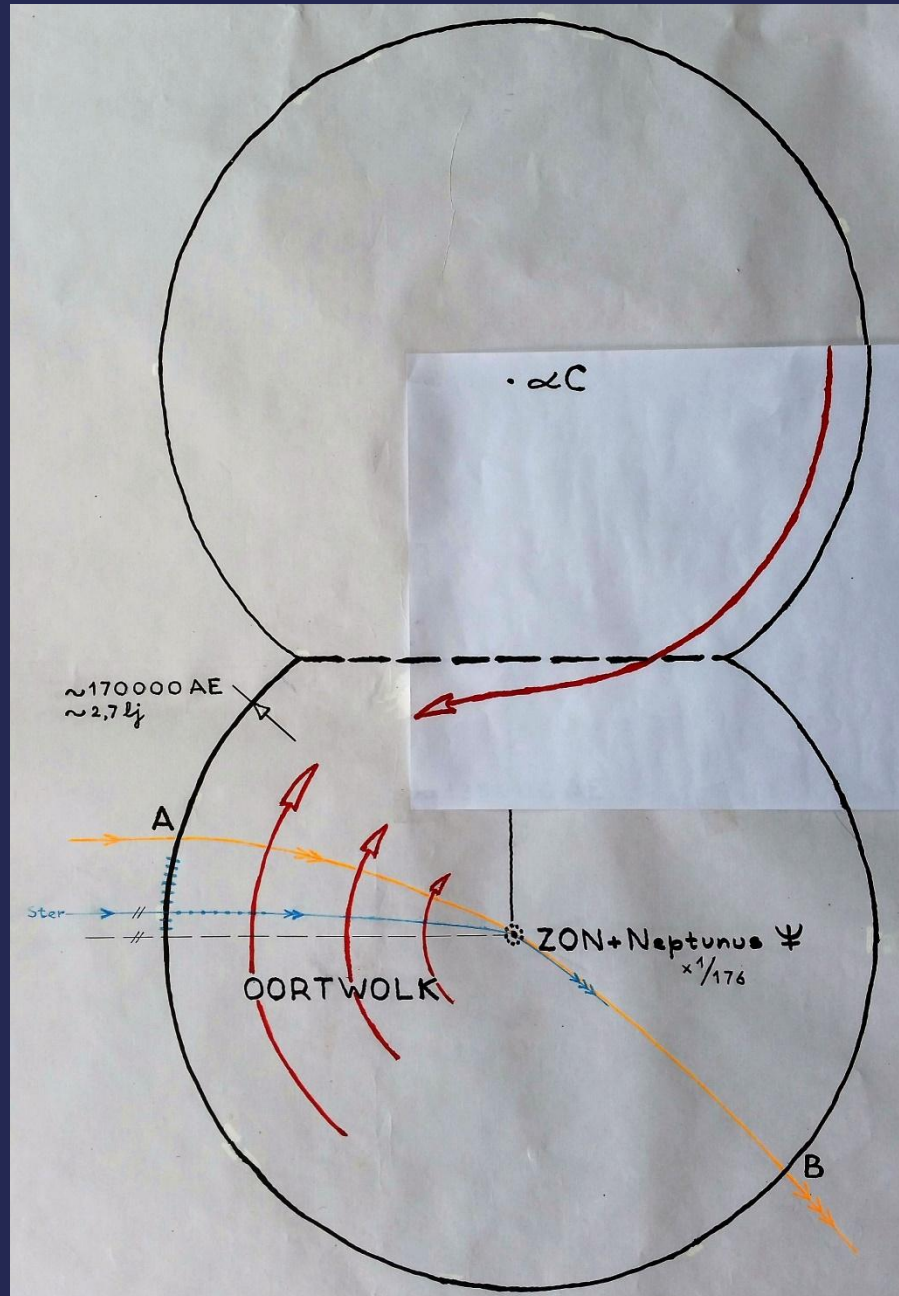
Bij het "vallen" is g op dezelfde hoogte onafhankelijk van de massa's, zie lift (figuur 2, 3 en 4)

Binnen de grens krijgen de fotonen o.a. een versnelling.

Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



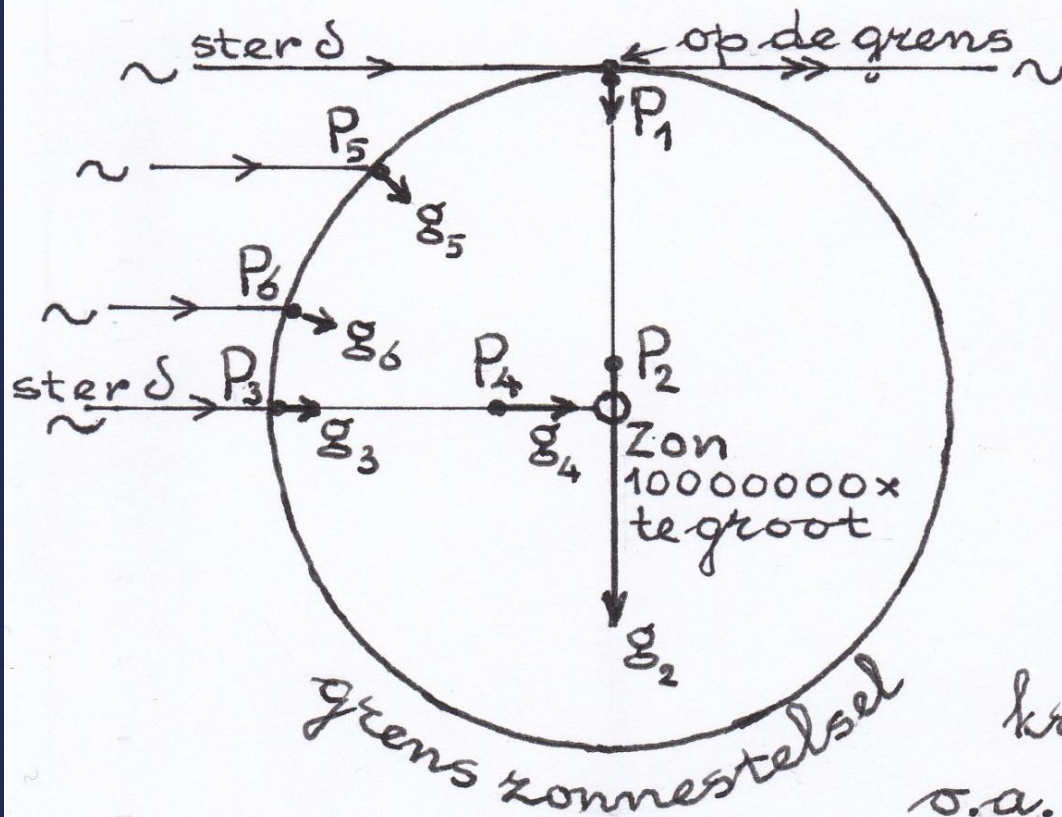
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering

figuur 21

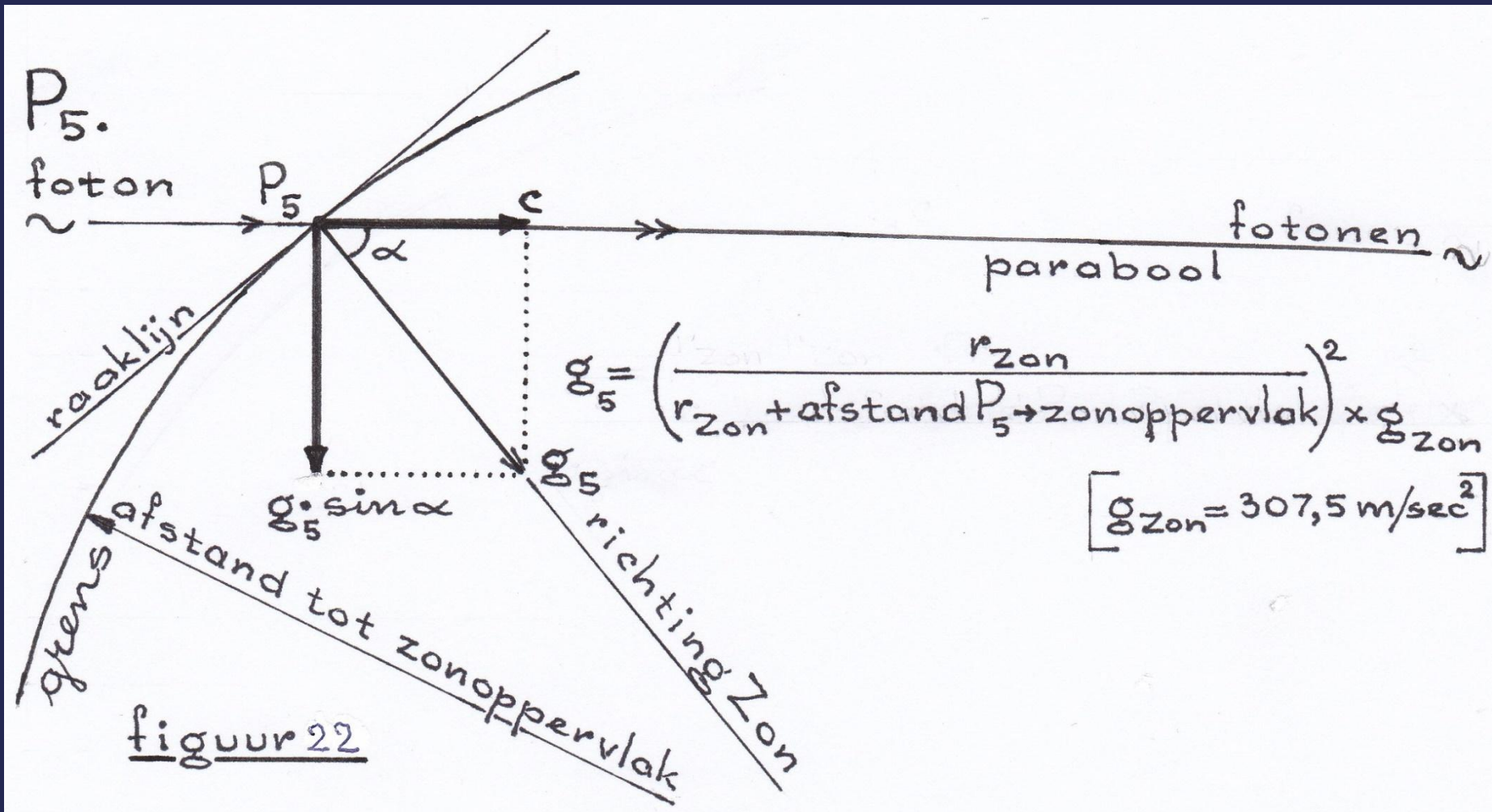
P_1, P_3, P_5 en P_6 bevinden zich net onder de grens van het zonnestelsel.



Bij het "vallen" is g op dezelfde hoogte onafhankelijk van de massa's, zie lift (figuur 2, 3 en 4)

Binnen de grens krijgen de fotonen o.a. een versnelling.

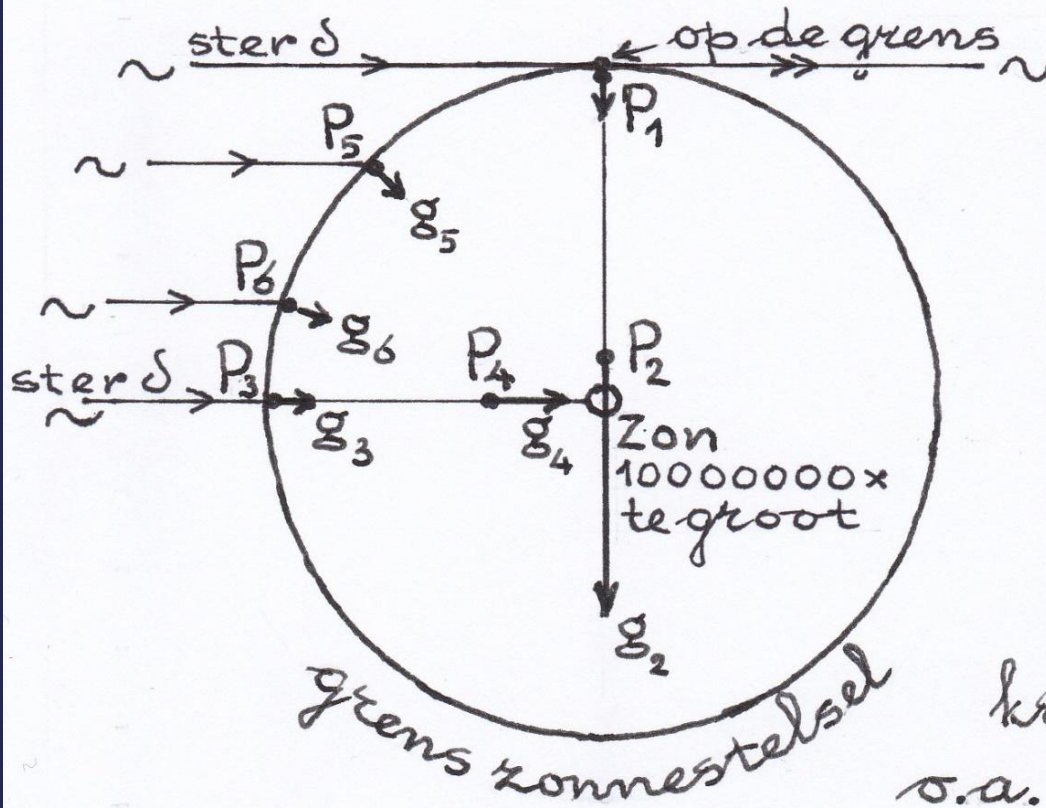
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering

figuur 21

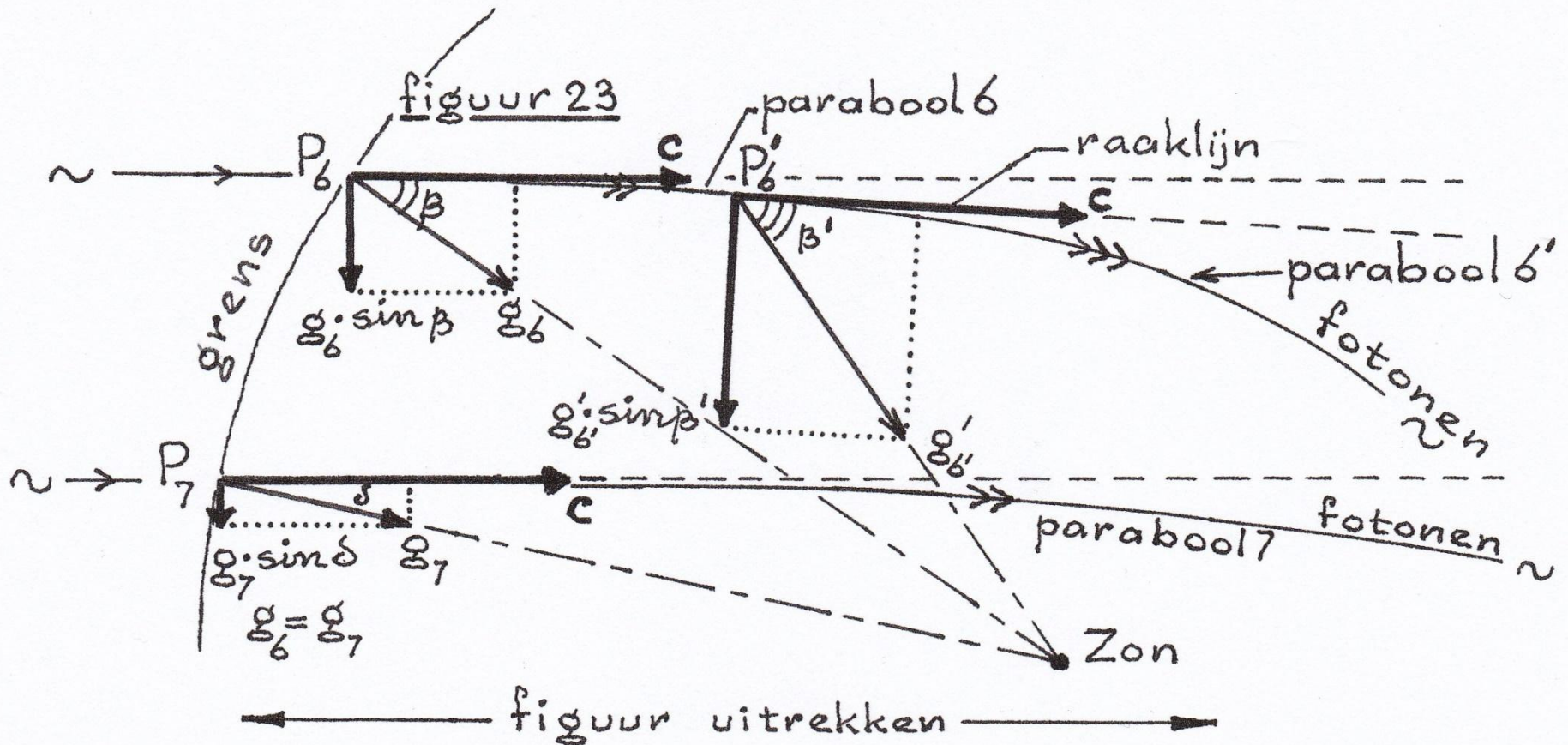
P_1, P_3, P_5 en P_6 bevinden zich net onder de grens van het zonnestelsel.



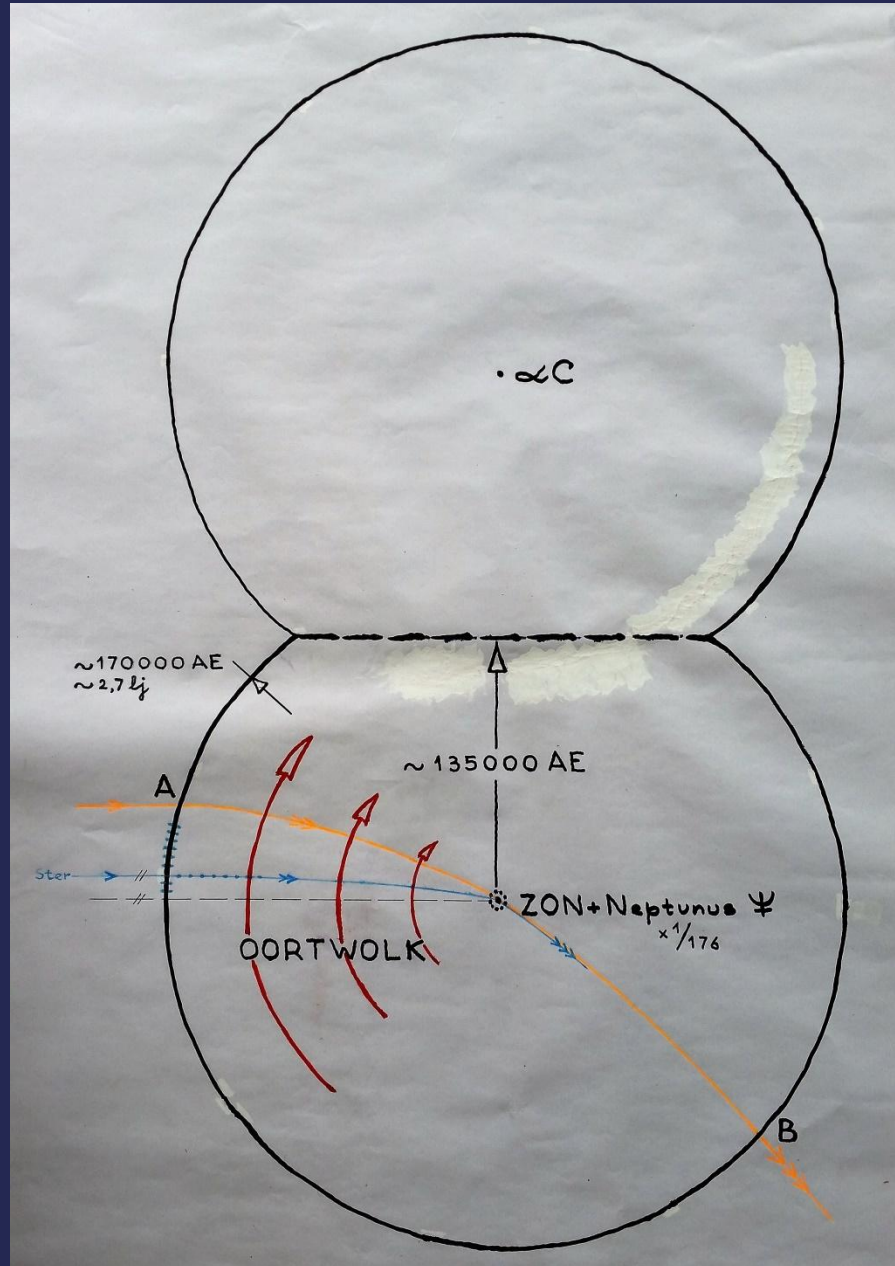
Bij het "vallen" is g op dezelfde hoogte onafhankelijk van de massa's, zie lift (figuur 2, 3 en 4)

Binnen de grens krijgen de fotonen o.a. een versnelling.

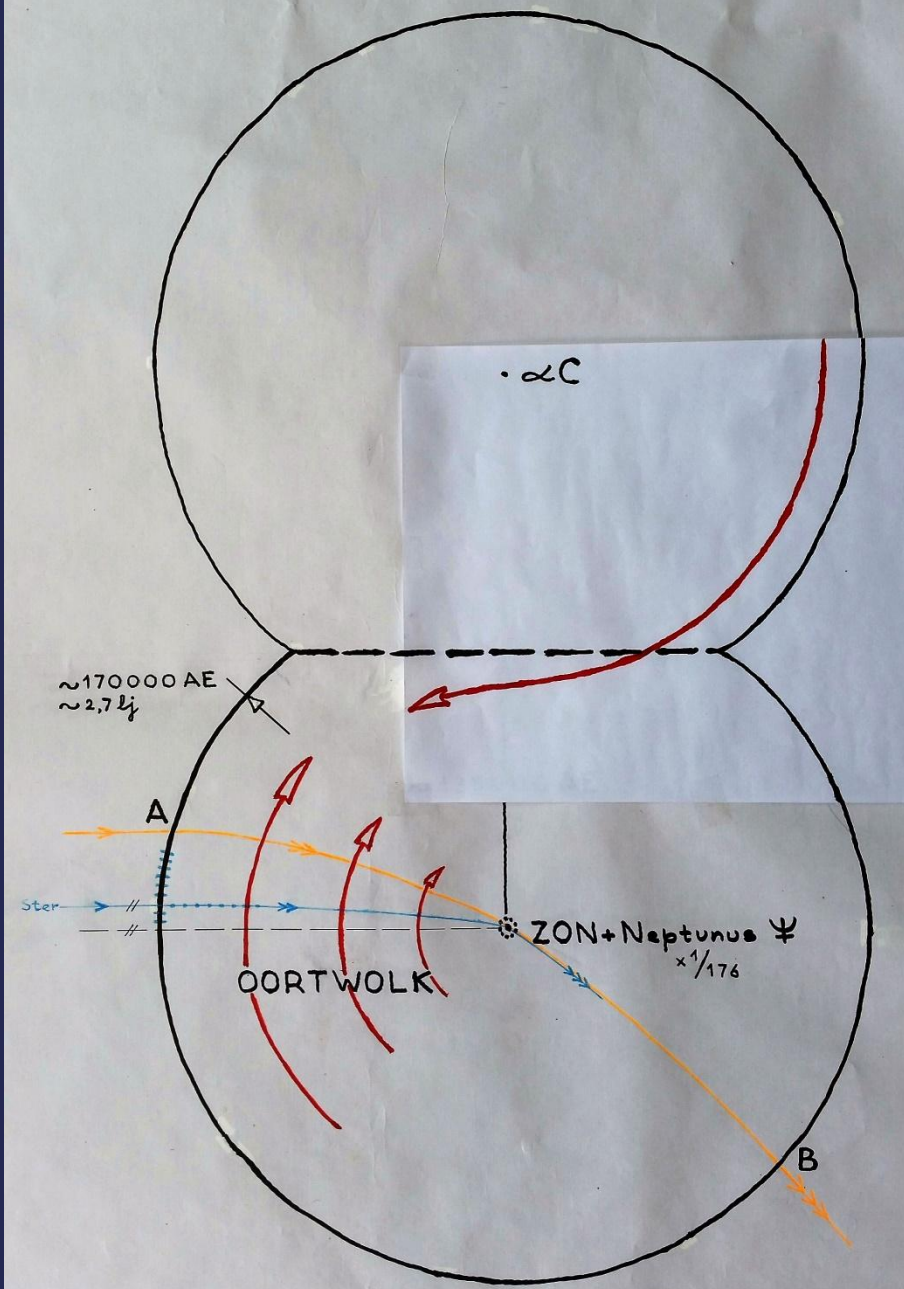
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



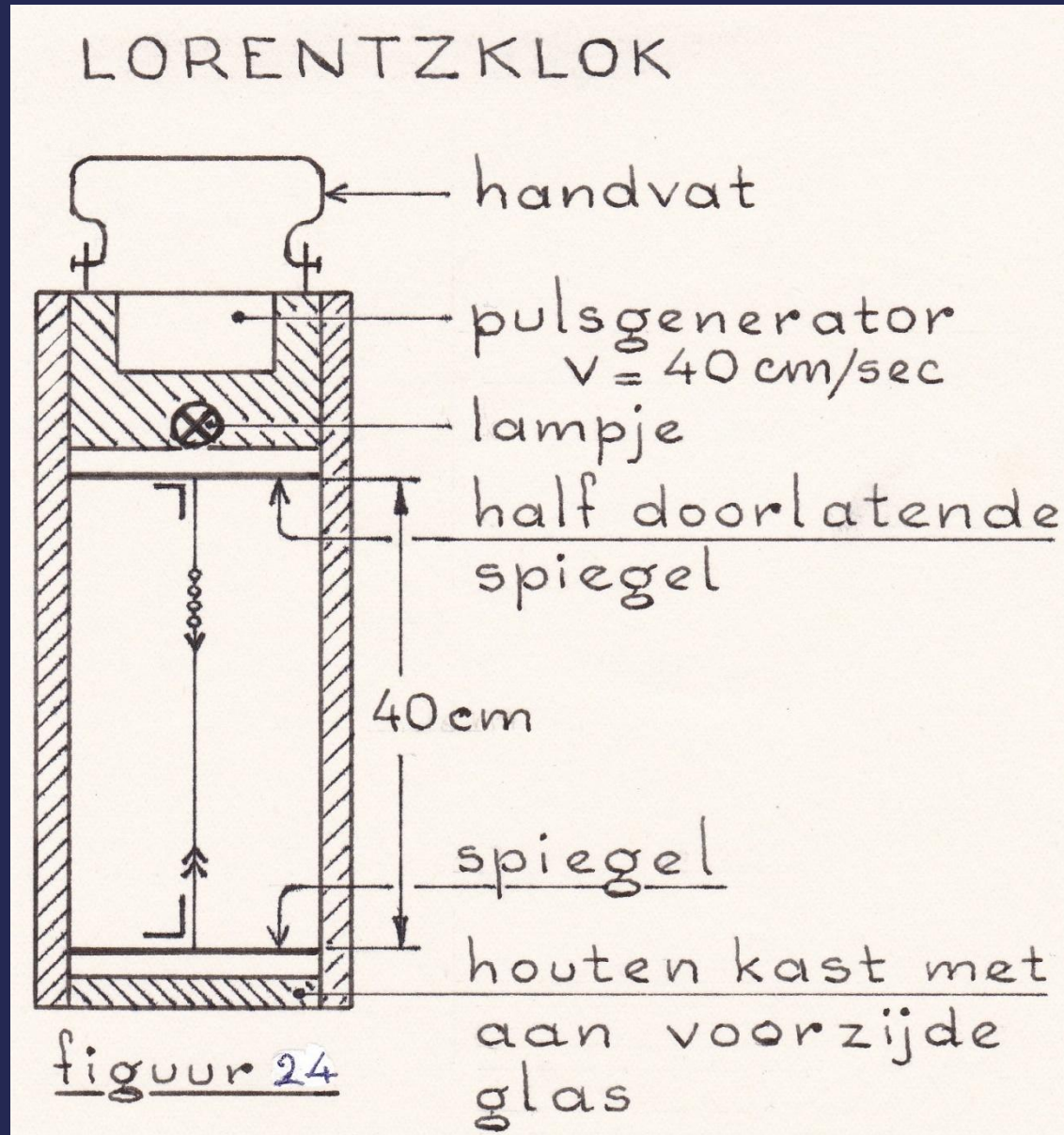
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



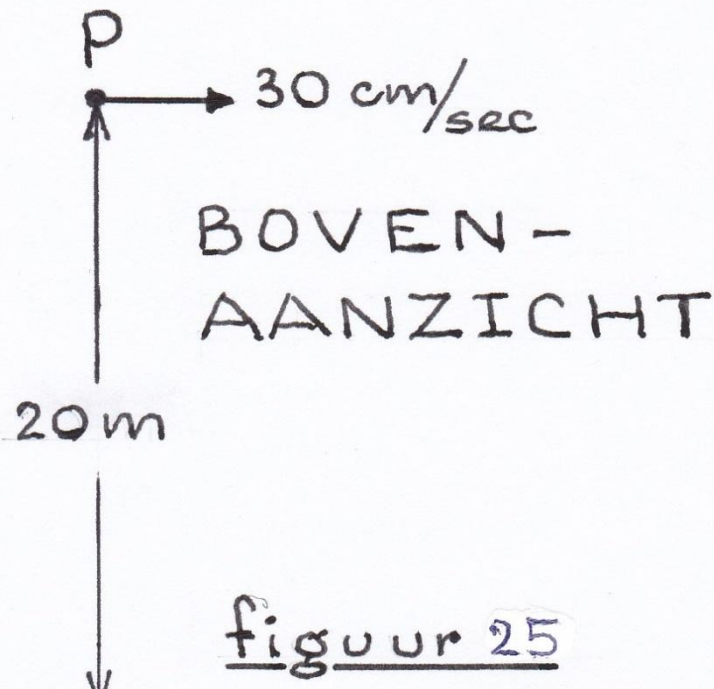
Afbuiging sterlicht bij zonsverduistering



2.B. Relativiteitstheorie

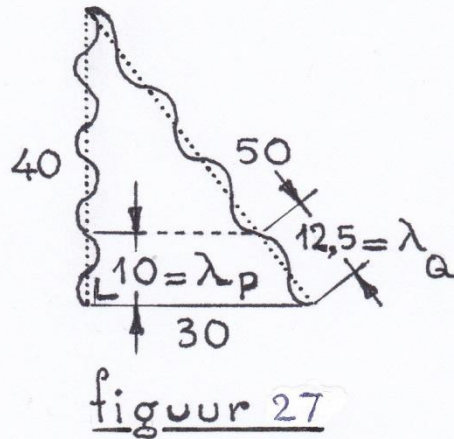
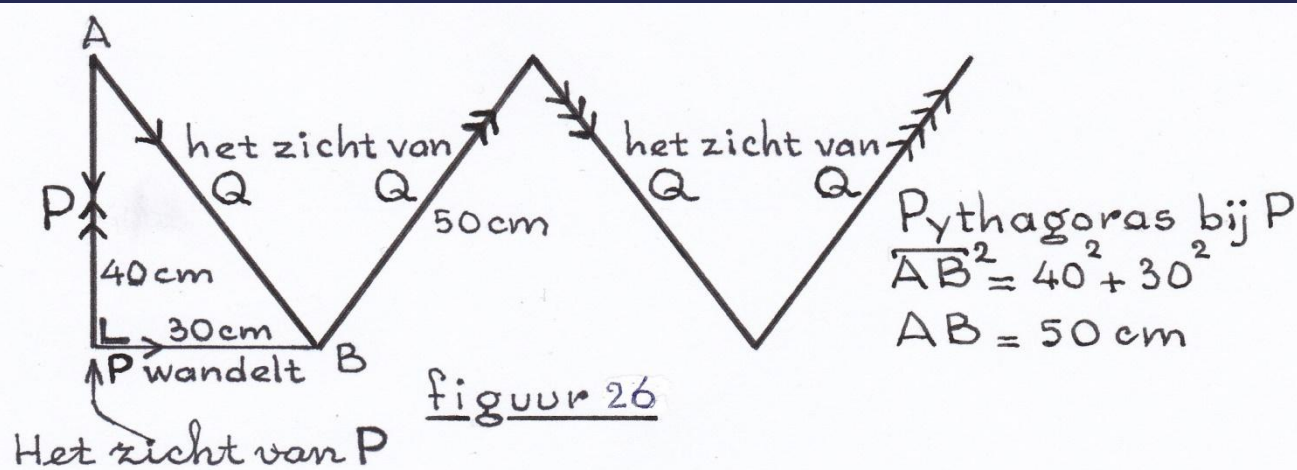


Relativiteitstheorie



De relatie van P met de Lorentzklok en de relatie van Q met de Lorentzklok verschillen van elkaar.

Relativiteitstheorie



$$\lambda_p : \lambda_q = 10 \text{ cm} : 12,5 \text{ cm} = 4 : 5$$

$$v = \lambda \times f$$

$$f = v/\lambda \rightarrow f_q : f_p = \frac{v}{12,5} : \frac{v}{10} = 4 : 5$$

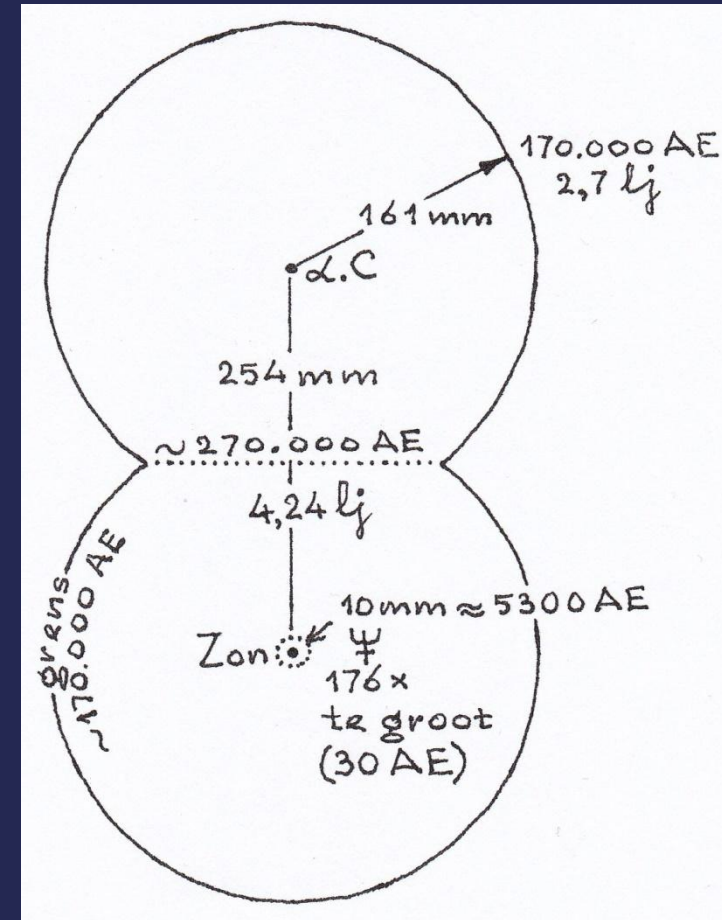
$$f_q = f_p \times \frac{5}{4} \rightarrow f_q < f_p$$

roodverschuiving
 (tijddilatatie $\frac{5}{4}$)

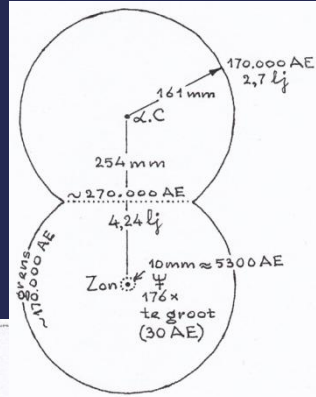
sir Arthur Stanley Eddington 1882-1944

Gegevens

- gegevens betreffende 'bellenblaas' → stersysteem en onvolkomenheden ten gevolge van onvoorstelbare afmetingen en verhoudingen.
- $\alpha \cdot C$ = Proxima Centauri
- $\alpha \cdot C$ – Alpha Centauri, een ster van een drieling
- $\alpha \cdot C$ staat momenteel het dichtst bij onze Zon
- $\alpha \cdot C$ is ongeveer even groot als onze Zon, zij lijken op elkaar; vandaar dezelfde grenzen van de sterstelsels



Gegevens



Afstand Zon-Aarde: $149.600.000 \text{ km} = 1 \text{ AE}$

Afstand Zon-Neptunus ♃: $4.480.100.000 \text{ km} \approx 30 \text{ AE}$

Afstand Zon- $\alpha.C$: $4,24 \text{ lj} \approx 268100 \text{ AE} \approx 40,11 \cdot 10^{12} \text{ km}$

$1 \text{ lj} = 299792,458 \text{ km/s} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 24 \text{ h/dag} \cdot 365,25 \text{ dagen/j} = 9,46073 \cdot 10^{12} \text{ km}$
 of $\frac{9460730 \cdot 10^6}{149,6 \cdot 10^6} = 63240 \text{ AE}$

Zon $\rightarrow \alpha.C$: $4,24 \text{ lj} = 4,24 \cdot 63240 \text{ AE} = 268138 \text{ AE}$

In tekening: $254 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ mm} = \frac{268138 \text{ AE}}{254} = 1055,7 \text{ AE}$

$161 \text{ mm} :: 1055,7 \text{ AE} \cdot 161 = 169961 \text{ AE} \approx 170.000 \text{ AE} \rightarrow \text{grens } \alpha.C / \text{Zonnestelsel}$

$5 \text{ mm} :: 1055,7 \text{ AE} \cdot 5 = 5278,3 \text{ AE} = 5 \text{ mm grens Neptunus}$

Gestippelde grens planetenstelsel $\frac{5278,3 \text{ AE}}{30 \text{ AE}} = 176 \text{ x}$

Op tekening is diameter planetenstelsel $\frac{10 \text{ mm}}{176}$, te groot. ✓

dus de baandiameter van Neptunus is $\approx \underline{\underline{0,06 \text{ mm}}}$

Bronnen (o.a.)

- Harm Habing, *Kosmos, deel 1*, ISBN 978 90 8571 119 3
- Ed van den Heuvel, *Oerknal*, ISBN 978 90 8571 402 6
- Vincent Icke, *Zwaartekracht bestaat niet*,
ISBN 978 90 8964 624 8
- David Bodanis, *$E = MC^2$* , ISBN 978 90 263 2080 4

Vragen?