De wiskunde van Christiaan Huygens

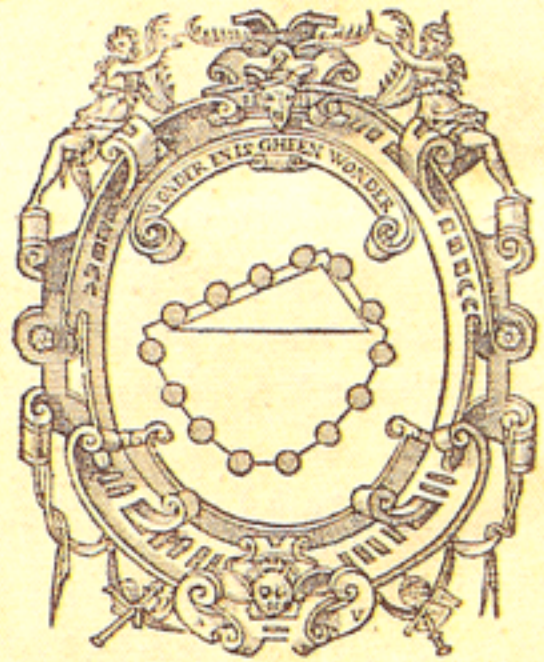
Vincent Icke
Sterrewacht Leiden
& Alien Art

WISCONSTIGE GEDACHTENISSEN,

Inhoudende t'ghene daer hem in gheoeffent heeft

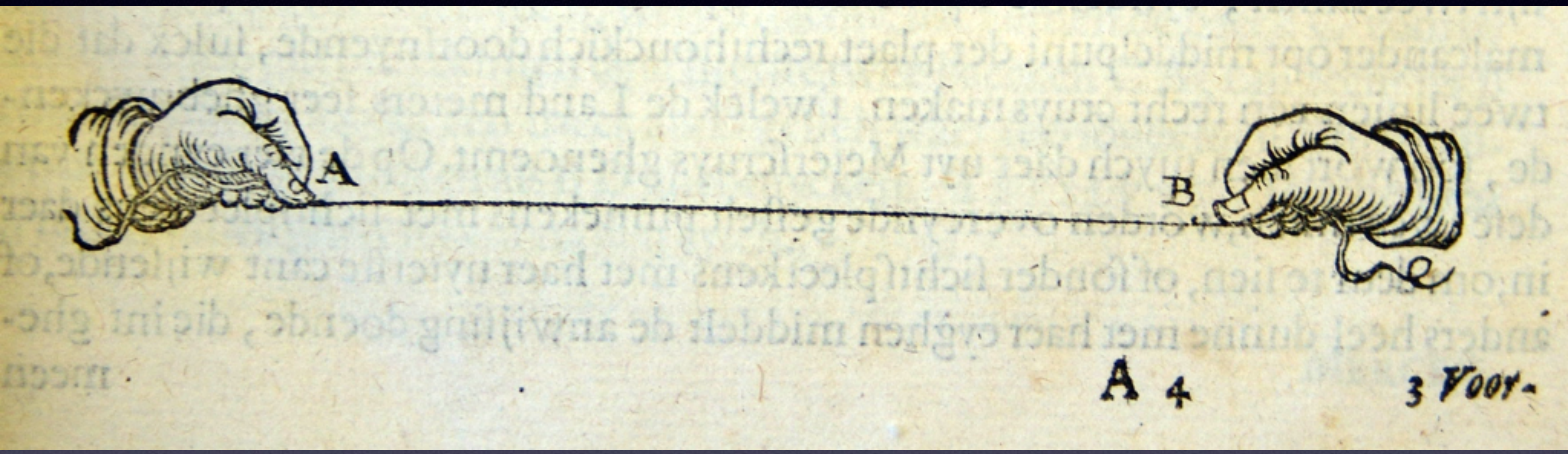
DEN DOORLVCHTICHSTEN Hoochgheboren Vorst ende Heere, MAVRITS Prince van Oraengien, Grave van Nassau, Catzenellenbogen, Vianden, Moers &c. Marckgraef vander Vere, ende Vlissinghen &c. Heere der Stadt Grave ende S'landts van Cuyc, S[t]. Vyt, Daesburch &c. Gouverneur van Gelderlant, Hollant, Zeelant, Westvrieslant, Zutphen Vtrecht, Overyssel &c. Opperste Veltheer vande vereenichde Nederlanden, Admirael generael vander Zee &c.

Beschreven deur SIMON STEVIN *van Brugghe.*



TOT LEYDEN,
Inde Druckerye van Ian Bouvvensz.
Int Iaer CIↃ IↃ CVIII.

Simon Stevin - slagkoord

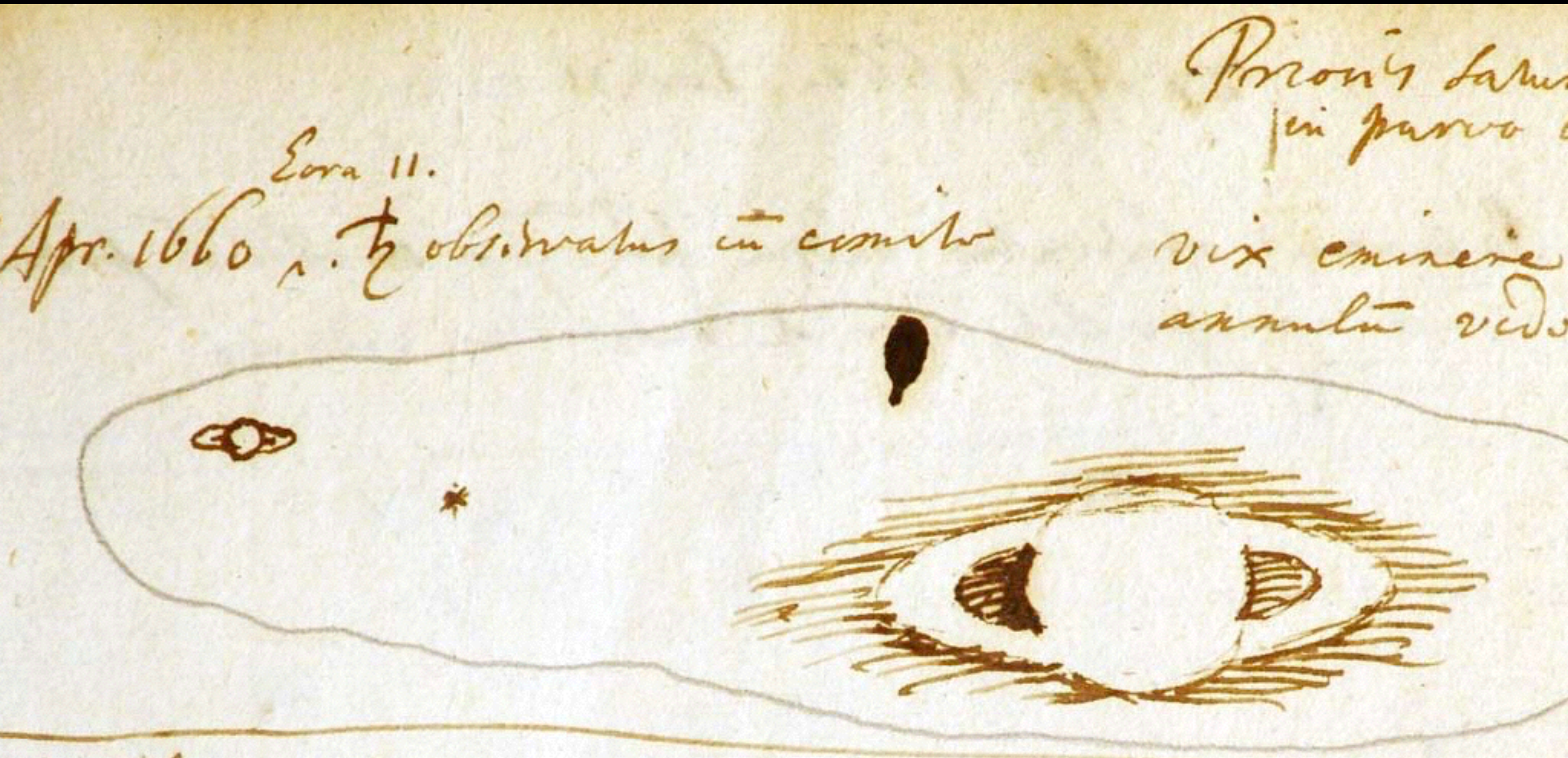


Sterrenkunde

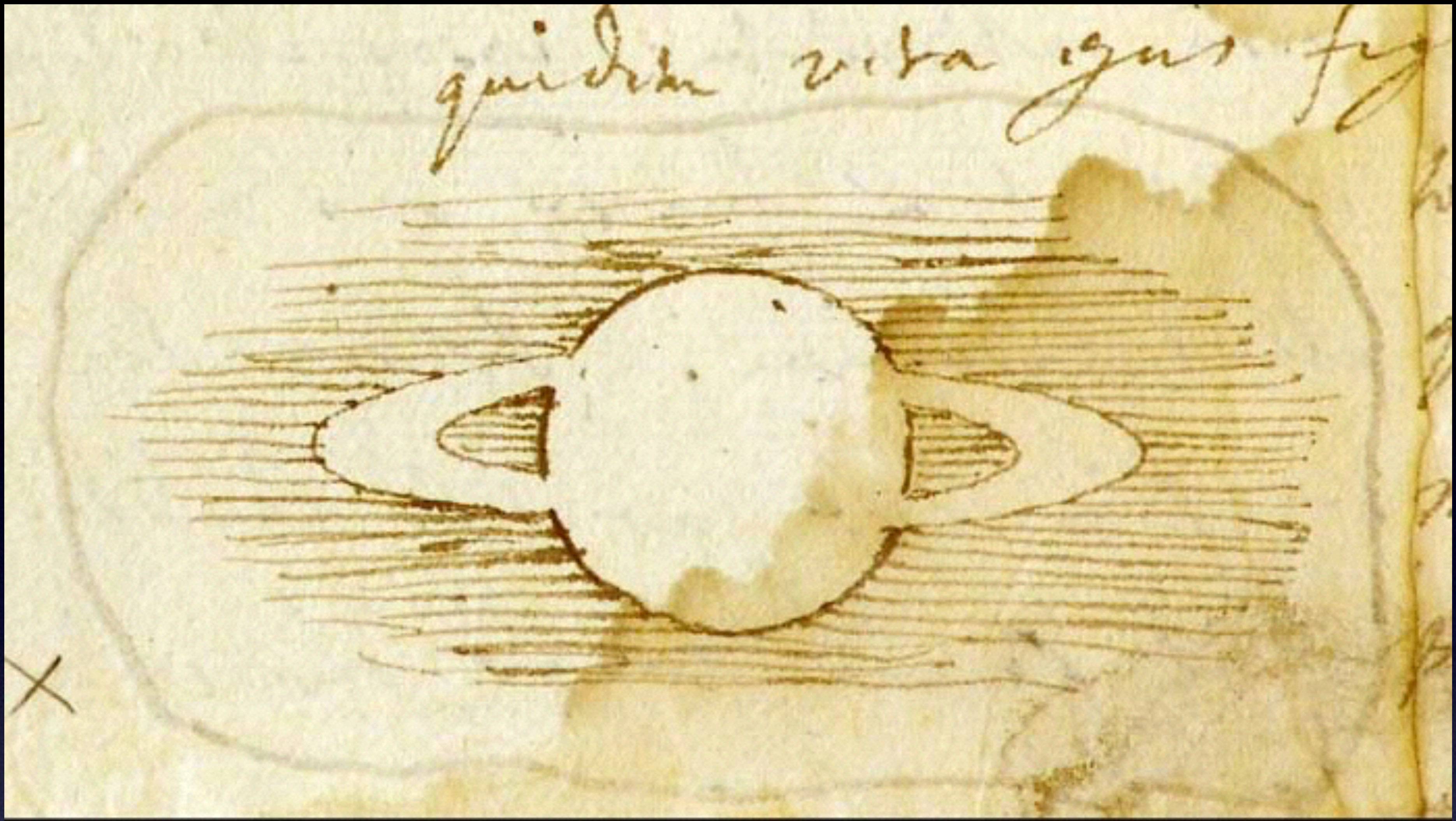
Bollen en banen

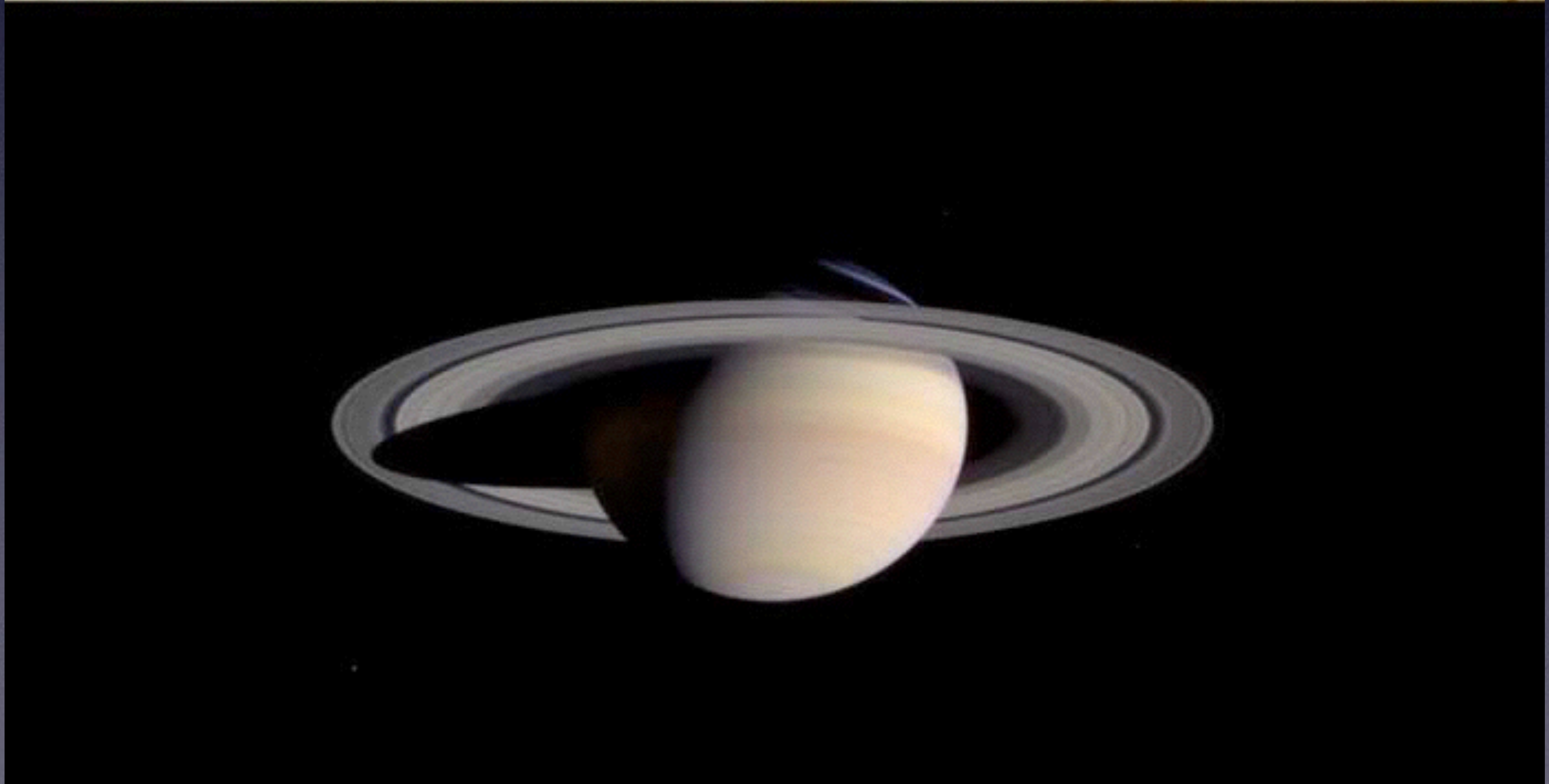
Huygens

- Sterrenkunde: dat was nu echt Huygens!
- En wiskunde hoorde daar onverbrekelijk bij
- Meetkunde, boldriehoeksmeting

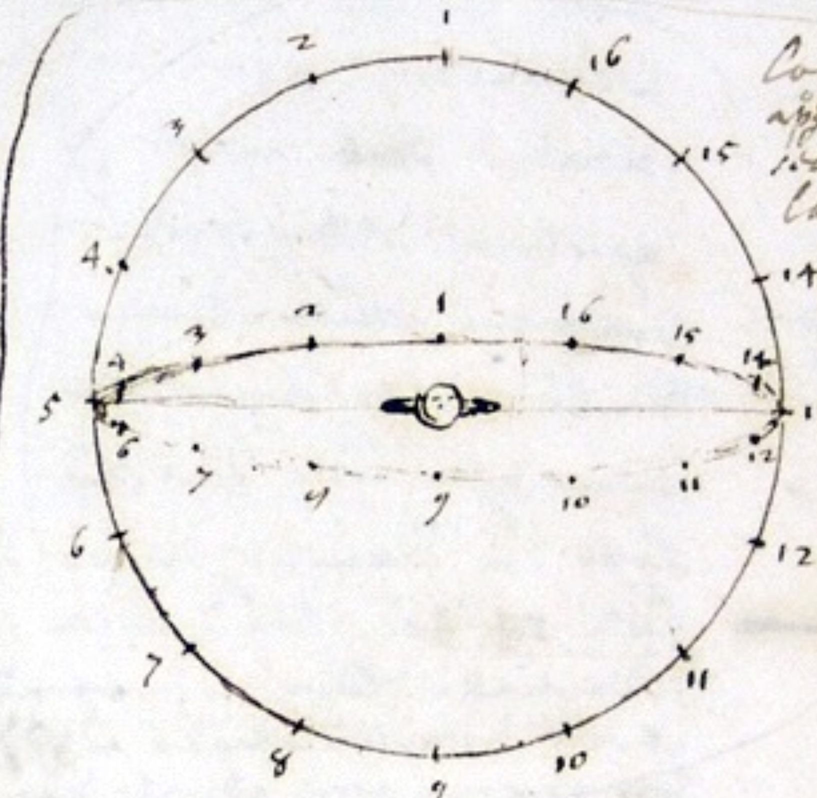


Apr. 1660
vix eminere





♄ annuli.



Locus ♄ pro
aspectu est
secundum tabu
las calculan
di quanquam
revera sit
perigaeum.

Eor. 5½ mane. 17 Decemb. 1657 op 12.

18 Decemb. 1657. op 13.

22 dec. Eor. 6½ mat. op 1.

27 dec. Eor. 6½ mat. op 6.

1658. 24 Feb. Eor. 10 vesp. op. 1.

~~vener.~~ 1 Mart. Eor. 10 vesp. op. 6.

lunae 11 Mart. — op. 16,
maer noch wat verder.

sat. 16 Mart. — op 5.

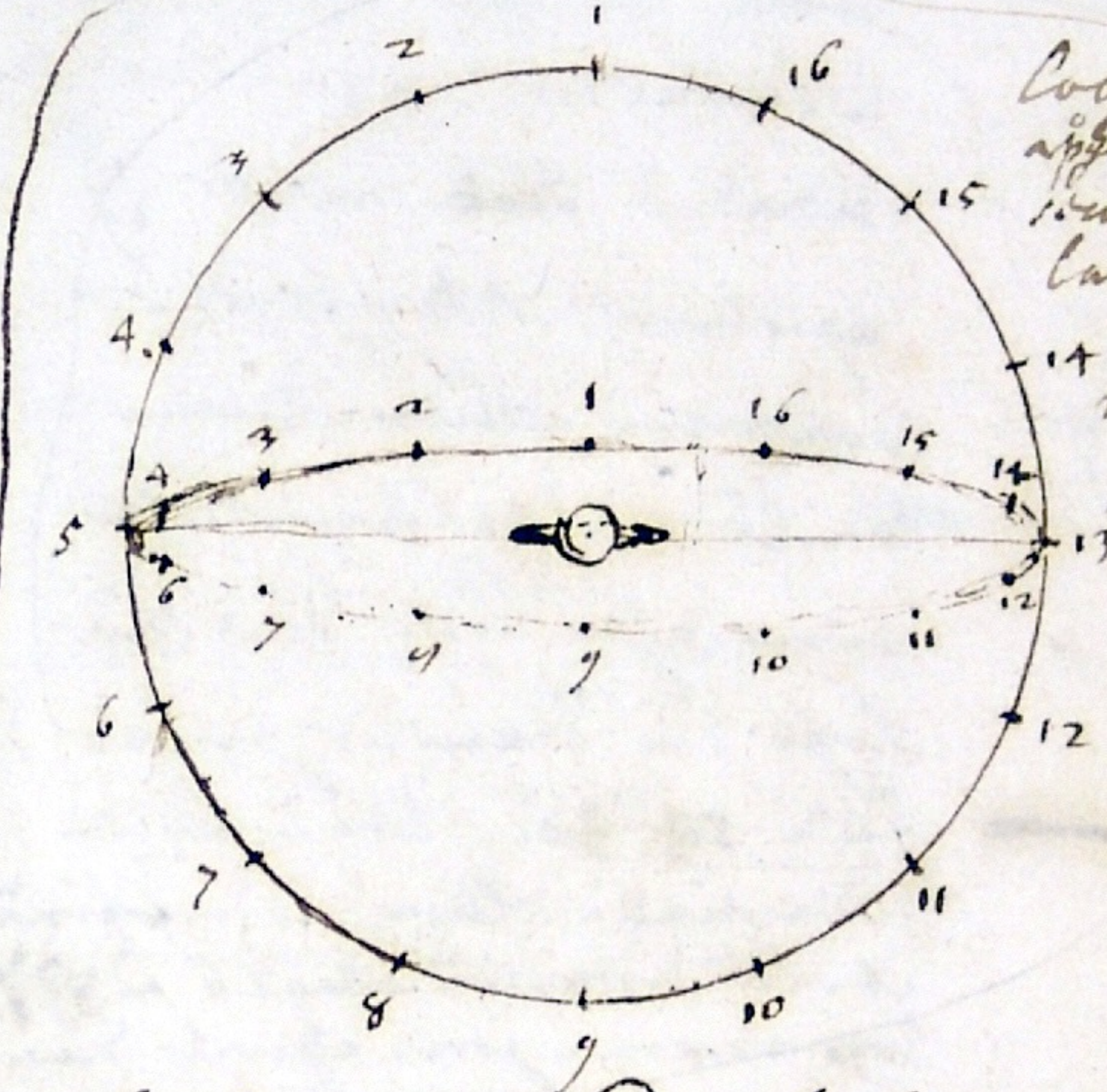
sat. 23 Mart. — op 12.

merc. 3 Apr. — op 7.
wat verder.

16. Jan. 1659. op $7\frac{1}{2}$

12. Febr. op. $2\frac{1}{2}$

25 Febr. E. 1 noctis. op. $15\frac{1}{4}$



Locus ♄ pro
apog^o. est
secundum tabu
las supputan^s
dus quanquā
revera sit
perig^o ~~[illegible]~~.

blt.

[illegible] 17 Decembr 1657 op 12

4 febr. 1694. h. 8.

In Orionis ense nebu

Sequit Orionis culmi

Wiskunde

Rekenen, arithmetica
Meetkunde
Kansrekening
Meetkundige differentiaalrekening

FRANCISCI van SCHOOTEN

MATHEMATISCHE OEFFENINGEN,

Begrepen in vijf Boecken.

I. Verhandeling van vijftig Arithmetische en vijftig Geometrische Voorstellen.

II. Ontbinding der Simpele Meet-konstige Werck-stucken.

III. APOLLONII PERGÆI herstelde Vlacke Plaetsen.

IV. Tuych-werckelijcke beschrijving der Kegel-sneden op een vlack.

V. Dertich Af-deelingen van gemengde stoffe.

Waer by gevougt is een Tractaet/ handelende van Reeckening in Speelen van Geluck/

Door d'Heer

CHRISTIANUS HUGENIUS.

Desen Druck vermeerdert met een korte verhandeling van de Fondamenten

der

PERSPECTIVE.

VAN REKENINGH IN SPELEN VAN GELUCK.

Al-hoewel in de ſpelen/ daer alleen het geval plaets heeft/ de uytkomſten onſeecker zijn/ ſoo heeft nochtans de kanſſe/ die yemandt heeft om te winnen of te verlieſen/ haere ſeeckere bepaling. Als by exempel. Die met een dobbel-ſteē ten eerſtē een ſes neemt te werpen/ het is onſeecker of hy het winnen ſal of niet; maer hoe veel minder kans hy heeft om te winnen als om te verlieſen/ dat is in ſich ſelven ſeecker/ en werdt door reeckeningh uyt-gevonden. So mede/ als ick tegen een ander in drie ſpelen uyt ſpeel/ ende een ſpel daer van gewonnen hebbe/ het is noch onſeecker wie eerſt ſal uyt weſen. Doch hoe dat mijn kanſſe ſtaet tegē de ſyne/ kan ſeeckerlijck bereeckent werden/ en daer door oock bekent/ ingevalle wy het ſpel wil-dat ick gelijcke kans ſal hebben/om 3 of 7 ſchellingen te krijgen/en dat met rechtmatigh ſpel: gelijck hier naer ſal betoont werden.

I. VOORSTEL.

Als ick gelijcke kans hebbe om a of b te hebben, dit is my ſo veel weerdt als $\frac{a+b}{2}$.

Om deſen regel niet alleen te bewijſen maer oock eerſt uyt te vinden/ ſoo zy geſtelt x voor het geene dat mijn kanſſe weerdt is. Soo moet ick dan x hebbende weder tot de ſelfde kans komen geraecken met rechtmatig ſpel. Laet dit het ſpel zijn: dat ick tegen een ander ſpeele om x, en dat den anderen daer tegen mede x in-ſette: ende dat bedongen zy/ dat de geene die wint aen die verlieſt ſal geven a. Dit ſpel is rechtmaetigh/ ende het blijckt dat ick hier door gelijcke kans heb om a te hebben/te weeten/als ick 't ſpel verlies; of $2x - a$, als ick 't win: want alſdan ſoo treck ick $2x$ die in-geſet zijn/ daer van ick den anderen moet geven a. Indien nu $2x - a$ ſoo veel waer als b, ſoo ſoude ick ghelijcke kans hebben tot a of b. Ick ſtelle dan $2x - a \infty b$, ſo komt $x \infty \frac{a+b}{2}$ / voor de waerde van mijn kans. En het bewijs hier van is licht. Want $\frac{a+b}{2}$ hebbende / ſoo kan ick dat tegen een ander waegen die mede $\frac{a+b}{2}$ ſal in-ſetten / ende bedingen dat die het ſpel wint/ den anderen ſal a geven. Waer door ick gelijcke kans ſal bekomen om a te hebben/ te weeten/ als ick verlies/ of b als ick win; want alſdan ſoo treck ick $a + b$ dat in-geſet is/ ende geef hem daer van a.

In getaelen. Indien ick gelijcke kans heb om 3 te hebben of 7/ ſoo is brack hem noch 1 spel/ en aen A mede 1 spel/ maer aen C 2 spelen. Daerom soude B in dit geval toekomen $\frac{4}{9}q$ door het 8ste Voorstel.

Eyndelijck als C het eerste volgende spel quam te winnen/ soo soude A en C elck 1 spel ontbreecken/ maer aen B 2 spelen; en dienvolgens soude B komen $\frac{1}{9}q$, door het selfde 8ste Voorstel. Nu moet geaddeert werden het geen in dese 3 voorvallen aen B soude toekomen/ te weeten/ 0/ $\frac{4}{9}q$, $\frac{1}{9}q$ en komt $\frac{5}{9}q$. Dit door 3/ het getal des speelders/ gedeelt/ komt $\frac{5}{27}q$. 'Twelck B zijn gerechte deel is. Het bewijs nu hier van blijckt door het 2de Voorstel. Want naer dien B gelijcke kans heeft tot 0/ $\frac{4}{9}q$, of $\frac{1}{9}q$, soo heeft hy door het 2de Voorstel soo veel als $\frac{0+\frac{4}{9}q+\frac{1}{9}q}{3}$ dat is $\frac{5}{27}q$. Ende het is seecker dat desen divisor 3 het getal van de speelders is.

Doch om te weeten/ wat iemandt komt in elck geval/ te weeten/ als hy selfs of een van d'andere het eerste volgende spel wint: soo moeten de simpelste voorvallen eerst uytgevonden werden/ en door haer behulp de volgende. Want gelijck dit laetste voorval niet konde afgedaen werden sonder dat eerst dat van het 8ste Voorstel uytgereeckent was/ in 't welck de resterende spelen waeren 1/ 1/ 2/ soo kan insgelijcks ieders deel niet gevonden werden in so een geval/ als de resterende spelen zijn 1/ 2/ 3/ of men moet eerst uytgereeckent hebben het voorval van 1/ 2/ 2/ gelijck wy terstont gedaen hebben/ ende noch dat van 1/ 1/ 3/ het welck door behulp van het 8ste Voorstel mede konde bereeckent werden. Op dese manier dan werden vervolgens al de voorvallen uytgevonden/ die in de volgende tafel zijn vervat/ en oneyndelijcke andere.

Tafel voor drie Speelders.

Spelen die haer ontbreecken.	1 . 1 . 2	1 . 2 . 2	1 . 1 . 3	1 . 2 . 3
Haer deelen.	4 . 4 . 1	17 . 5 . 5	13 . 13 . 1	19 . 6 . 2
	9	27	27	27

Spelen die haer ontbreecken.	1 . 1 . 4	1 . 1 . 5	1 . 2 . 4	1 . 2 . 5
Haer deelen.	40 . 40 . 1	121 . 121 . 1	178 . 58 . 7	542 . 179 . 8
	81	243	243	729

Tafel voor drie Speelders.

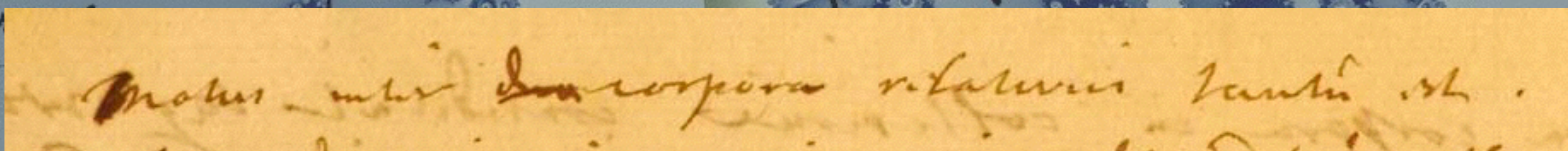
Spelen die haer ontbreecken.	1 . 1 . 2	1 . 2 . 2	1 . 1 . 3	1 . 2 . 3
Haer deelen.	4 . 4 . 1	17 . 5 . 5	13 . 13 . 1	19 . 6 . 2
	9	27	27	27

Spelen die haer ontbreecken.	1 . 1 . 4	1 . 1 . 5	1 . 2 . 4	1 . 2 . 5
Haer deelen.	40 . 40 . 1	121 . 121 . 1	178 . 58 . 7	542 . 179 . 8
	81	243	243	729

Relativiteit en symmetrie

- Symmetrie in ruimte en tijd
  - Je weet niet waar je bent
  - Je weet niet hoe hard je gaat
- Dus is er mechanica

Relativiteit volgens Huygens



- **Motus inter corpora relativus tantum est.**
- **De onderlinge beweging van voorwerpen is uitsluitend relatief.**

Plaats en snelheid zijn niet absoluut meetbaar

Quidnam in corporibus quies sit aut motus nisi aliorum corporum respectu non videtur intellegi posse.

Plaats en snelheid zijn niet absoluut meetbaar

Voor een enkel voorwerp is er geen verschil tussen stilstand en beweging

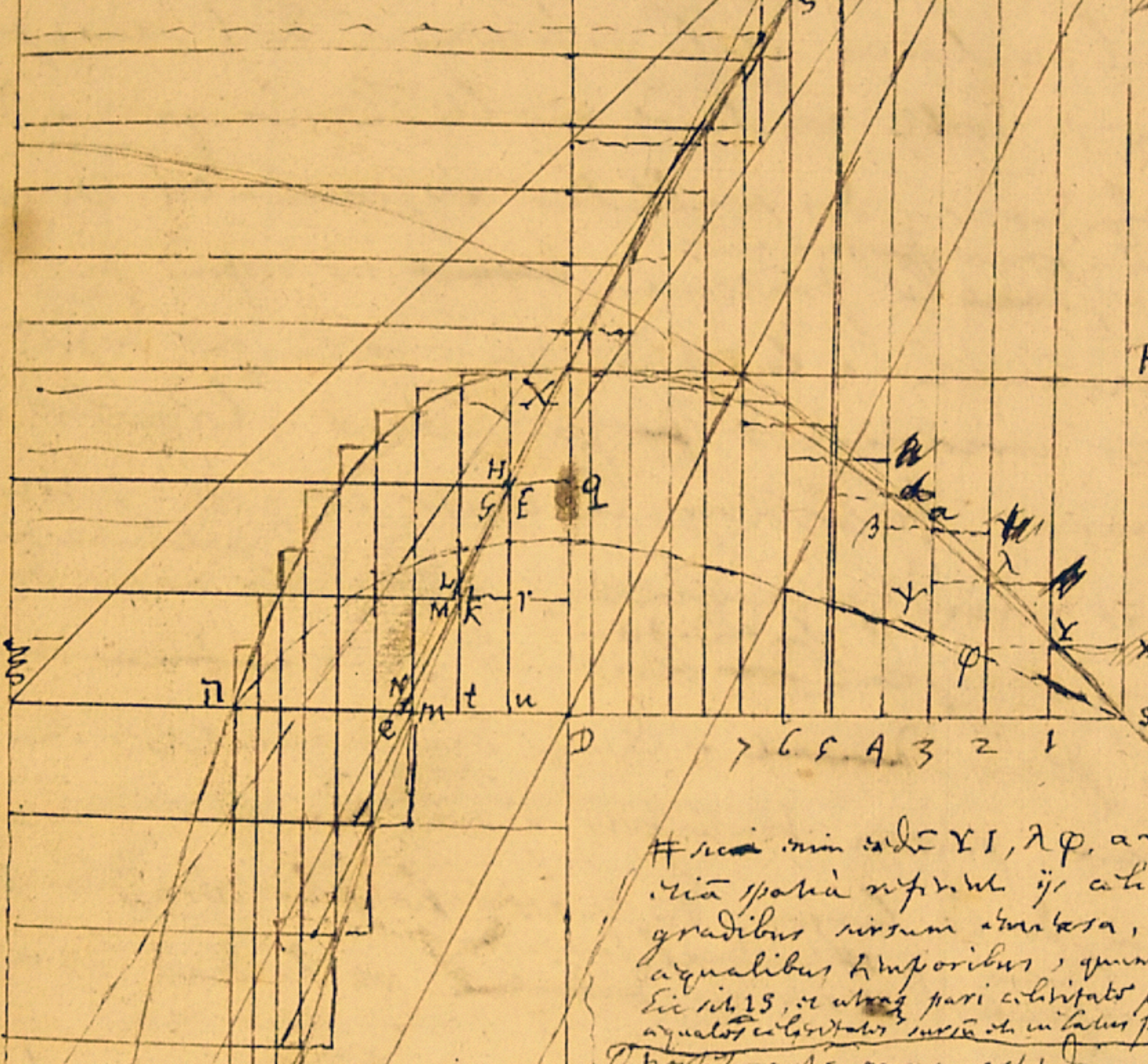
- Quidnam in corporibus quies sit aut motus nisi aliorum corporum respectu non videtur intellegi posse.

Relativiteit van plaats en snelheid

- $x \rightarrow x + a$
- $dx \rightarrow dx$
- $v = dx/dt$
- $v \rightarrow v + b$
- $dv \rightarrow dv$
- $a = dv/dt$

Bewegingsvergelijking

- Verandering van de verandering
- $d^2x/dt^2 = dv/dt = a$
- Tweede-orde differentiaalvergelijking



In m...
tali si ...
ritate in...
BH, ju...
dirimpt...
sunt W...
decrescunt
AB, Rz, ...
P decrescun...
to ...
sunt eq...
~~aequali~~
temporibus
per SaX
ipsi con...
quim mo...
ritate...
ita...
celi...

secu... nim ... XI, λφ, aχ ke
ita spatia ... ijs celeritatis
gradibus sursum ..., ...
aequalibus temporibus, quum XI aequali...
Est sit 15, ... pari celeritate peracta, quo...
aequales celeritates ... in latus ponimus.

Natuurkunde

Dubbelbreking
Slingerbeweging
Cycloïde

IJslands kalkspaat

Triomf in de Traité

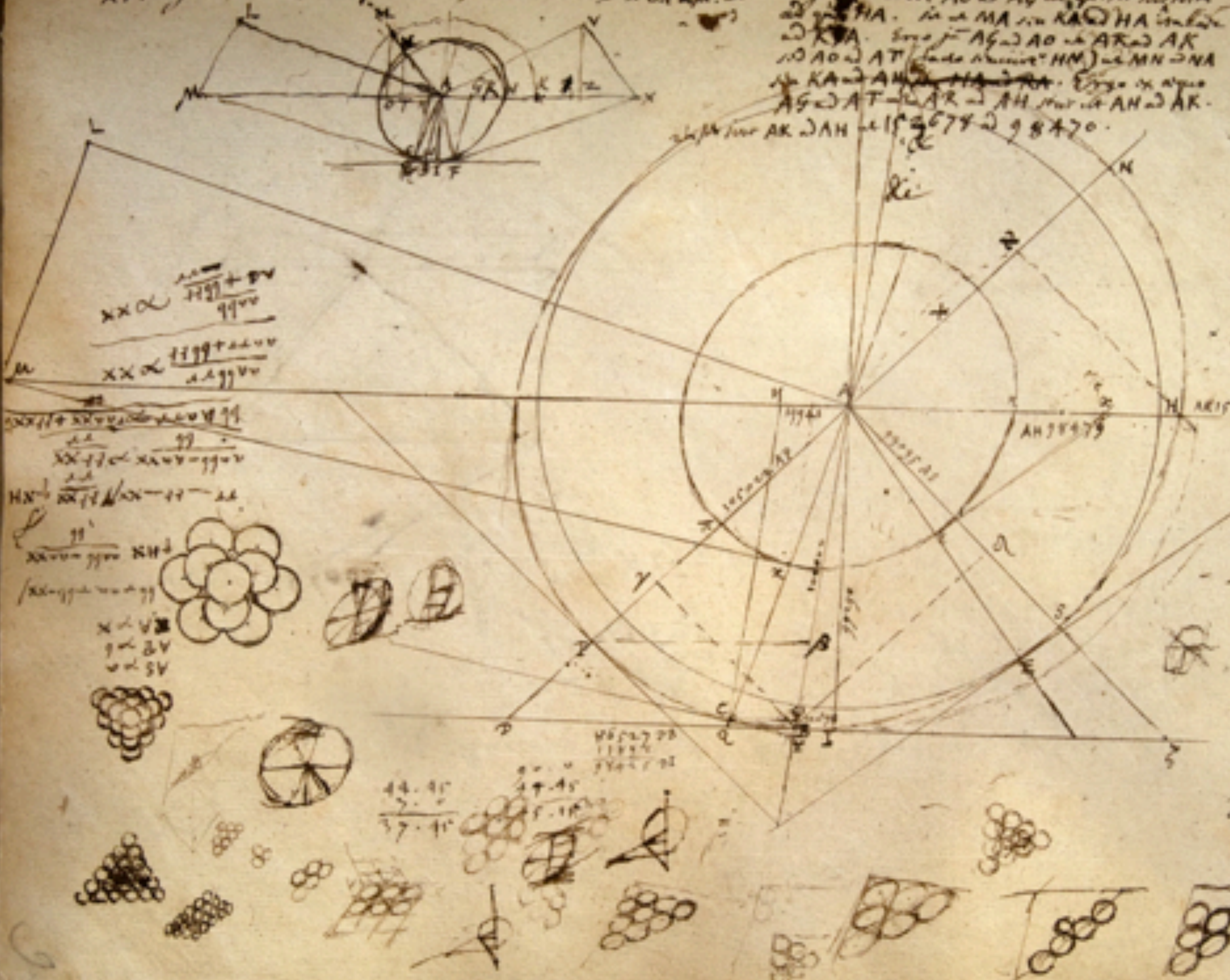
TRAITE
DE LA LVMIERE.
Où sont expliquées
Les causes de ce qui luy arrive
Dans la REFLEXION, & dans la REFRACTION.
Et particulierement
Dans l'etrange REFRACTION
DV CRISTAL D'ISLANDE,
Par C. H. D. Z.
Avec un Discours de la Cause
DE LA PESANTEVR.

A LEIDE,
Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.
MDCXC.


ΕΥΡΗΚΑ 6 Aug. 1677.
in Crystallo Islandica
AK 152678
K
H
N

CM tangens in C. ML parall. CA. MLA rectus.
MA radi. incidens. AV perp. MA. AVX rectus. VX perp. L
XF tang. ellipsi. AF [illegible] refractio radii MA. [illegible] AM [illegible] VX [illegible]

FG parall. BA. Ergo proportionales XA, HA, GA
[illegible] AX, XV, XZ.
Ergo [illegible] XZ [illegible] AO ad AG [illegible] XV [illegible] MA
ad [illegible] HA. [illegible] MA [illegible] KA ad HA [illegible]
ad KA. Ergo [illegible] AG ad AO [illegible] AK ad AK
[illegible] AO ad AT [illegible] HM) [illegible] MN ad NA
[illegible] KA ad AH ~~[illegible] HA ad [illegible]~~. Ergo ex aequo
AG ad AT [illegible] AR ad AH [illegible] AH ad AK.
[illegible] AK ad AH [illegible] 156674 ad 98470.



ΕΥΡΗΚΑ 6 Aug. 1677.
Causam mirae refractionis
in Crystallo Islandica.

AC radius [illegible]
AB refractio radii perpendicularis.
AS axis anguli solidi obtusi.
AP perpend. AS, axis Ellipseos [illegible]
sphaeroidis, tangentes BD in B.
Bγ, Bδ perpend. in AP, AS.
AP media prop. [illegible] Aγ, AD. [illegible] AS
media prop. inter Aδ, Aξ.
XM parallela tangenti in C. ML [illegible] AC
ang. MLA rectus.

AK 156674

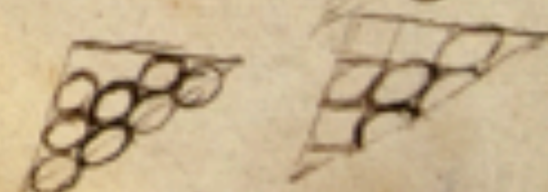
AH 98470

[illegible] ML, [illegible]

[illegible] PCH.

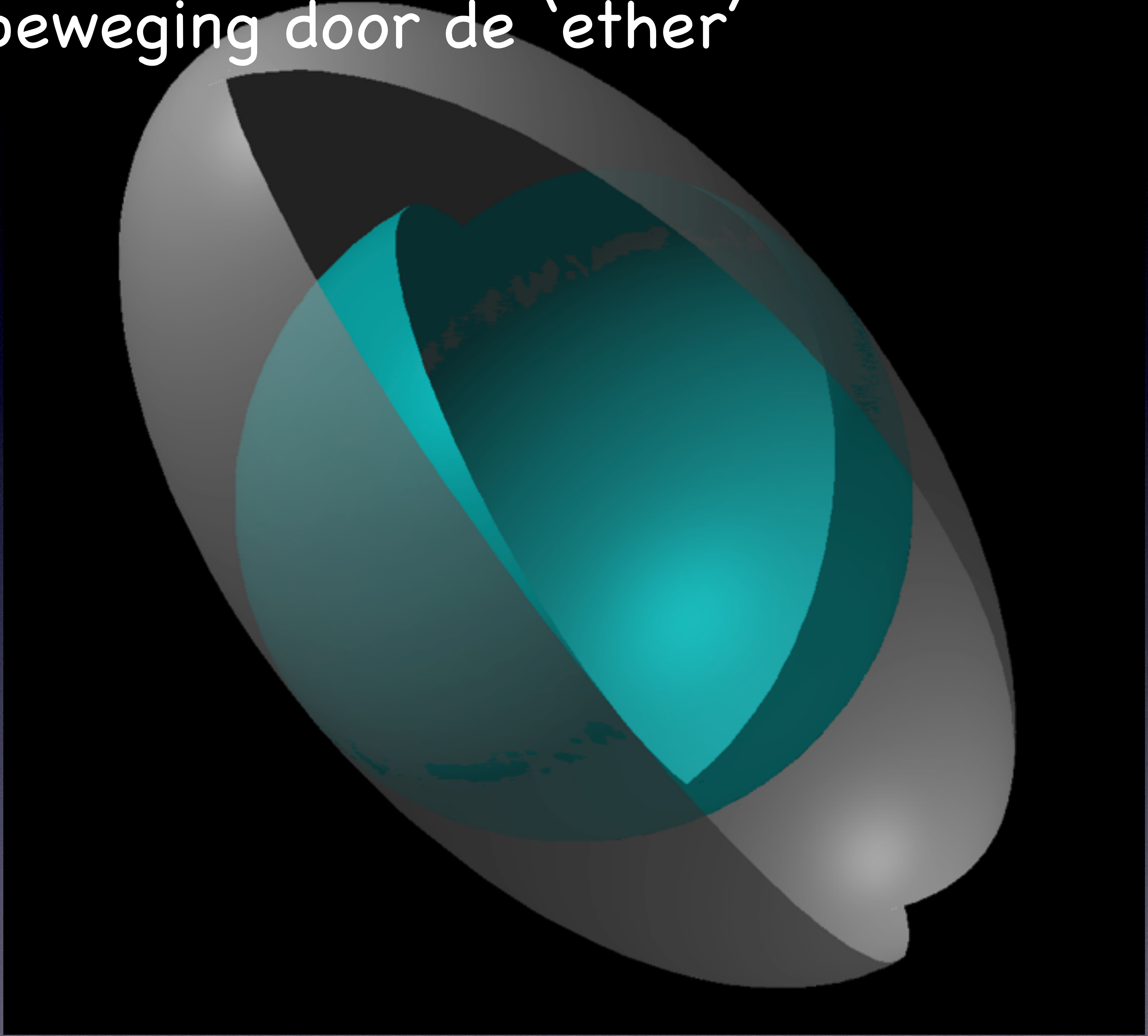
[illegible] ML ad AH [illegible] KA ad HA.
[illegible] AE [illegible] KE
refractio radii [illegible]
MA. [illegible]
~~[illegible]~~
[illegible] AB [illegible] AE [illegible]
[illegible] AE.

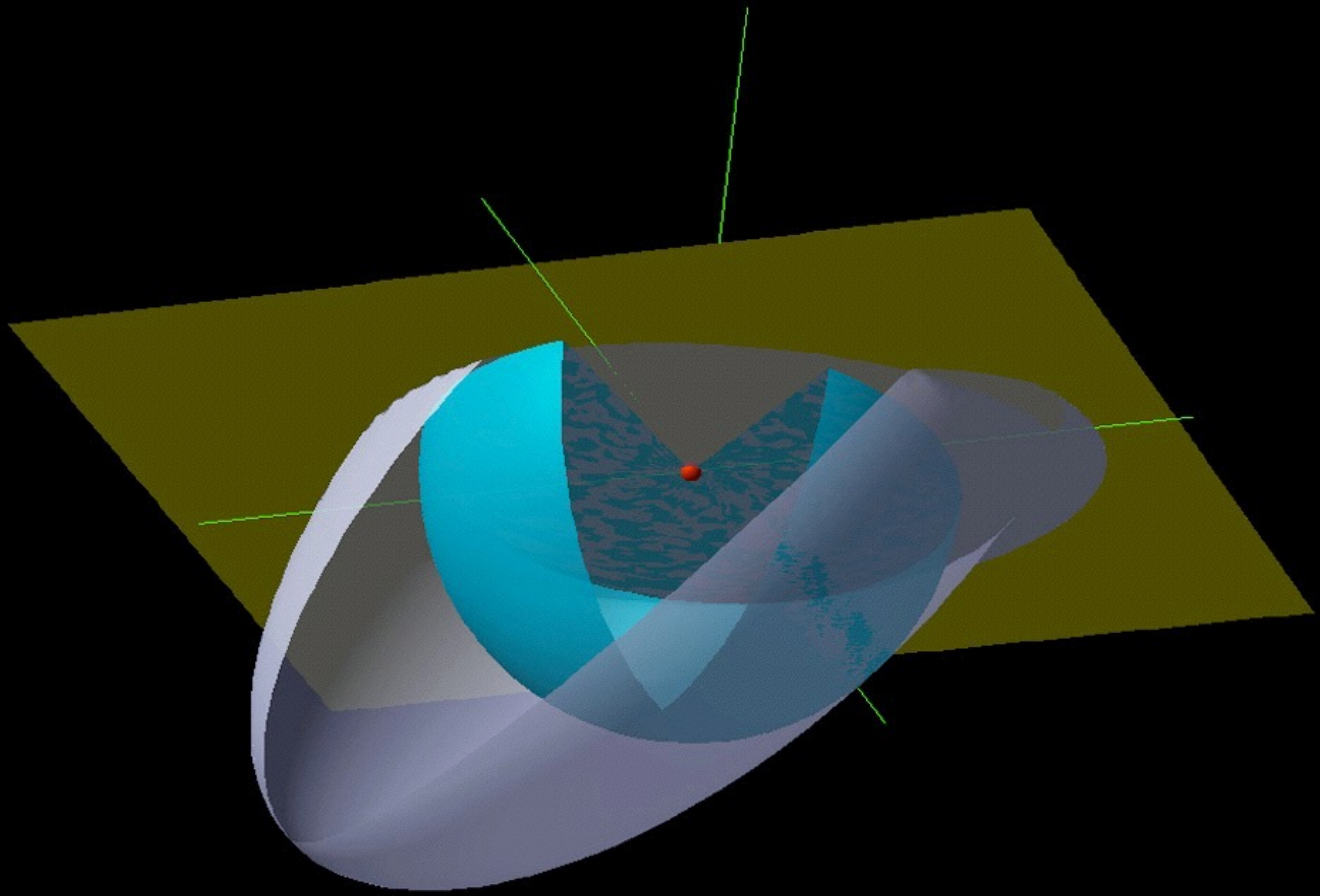
[illegible] AH [illegible] AB
[illegible]
[illegible] AB.
~~[illegible] BA AH [illegible]~~
~~[illegible] HA~~



24

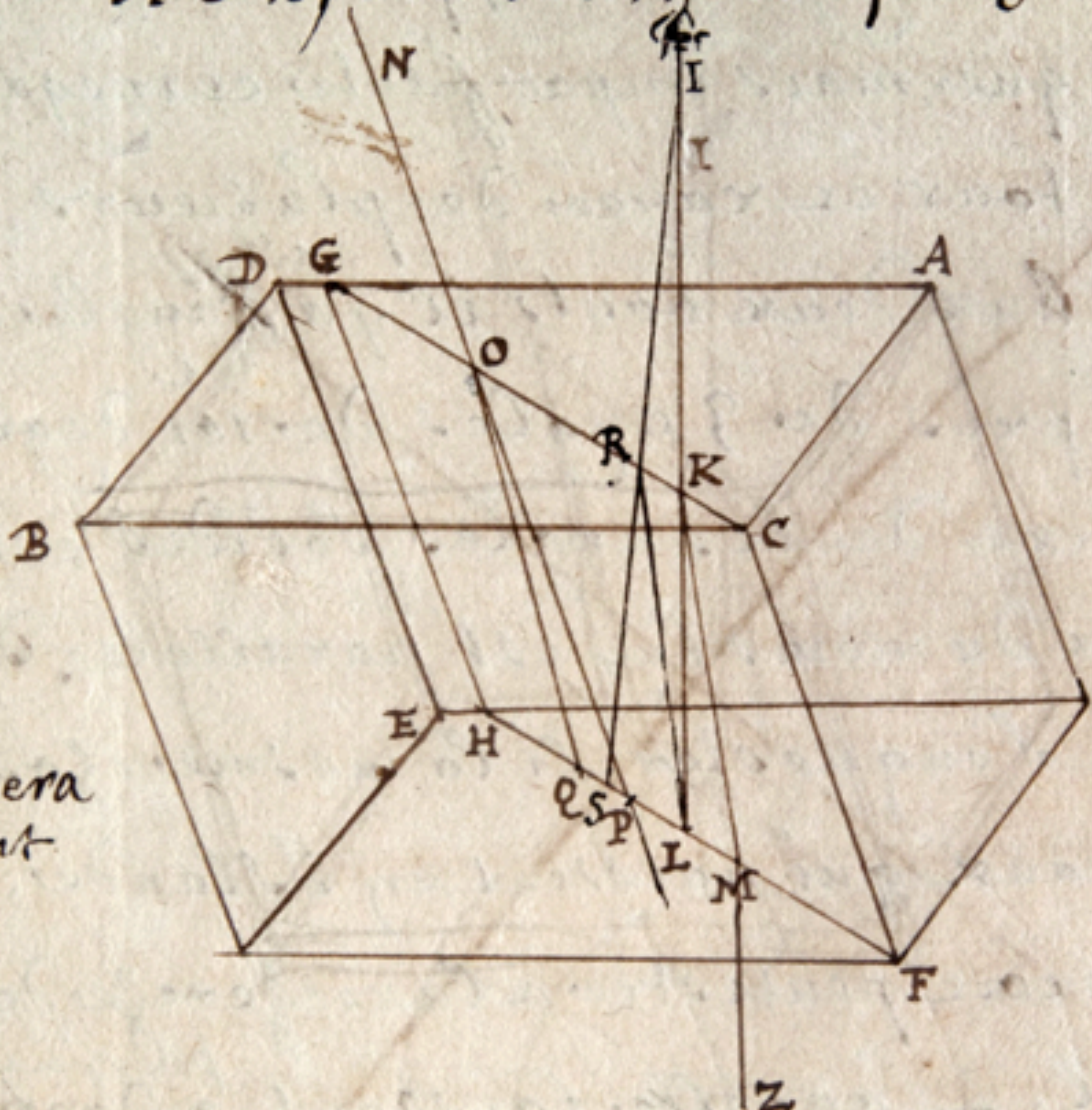
Stootbeweging door de ‘ether’





Ie consideray premieren

A C B, l'un des trois qui font



sera
ent

ons ceste

Het lef van Huygens

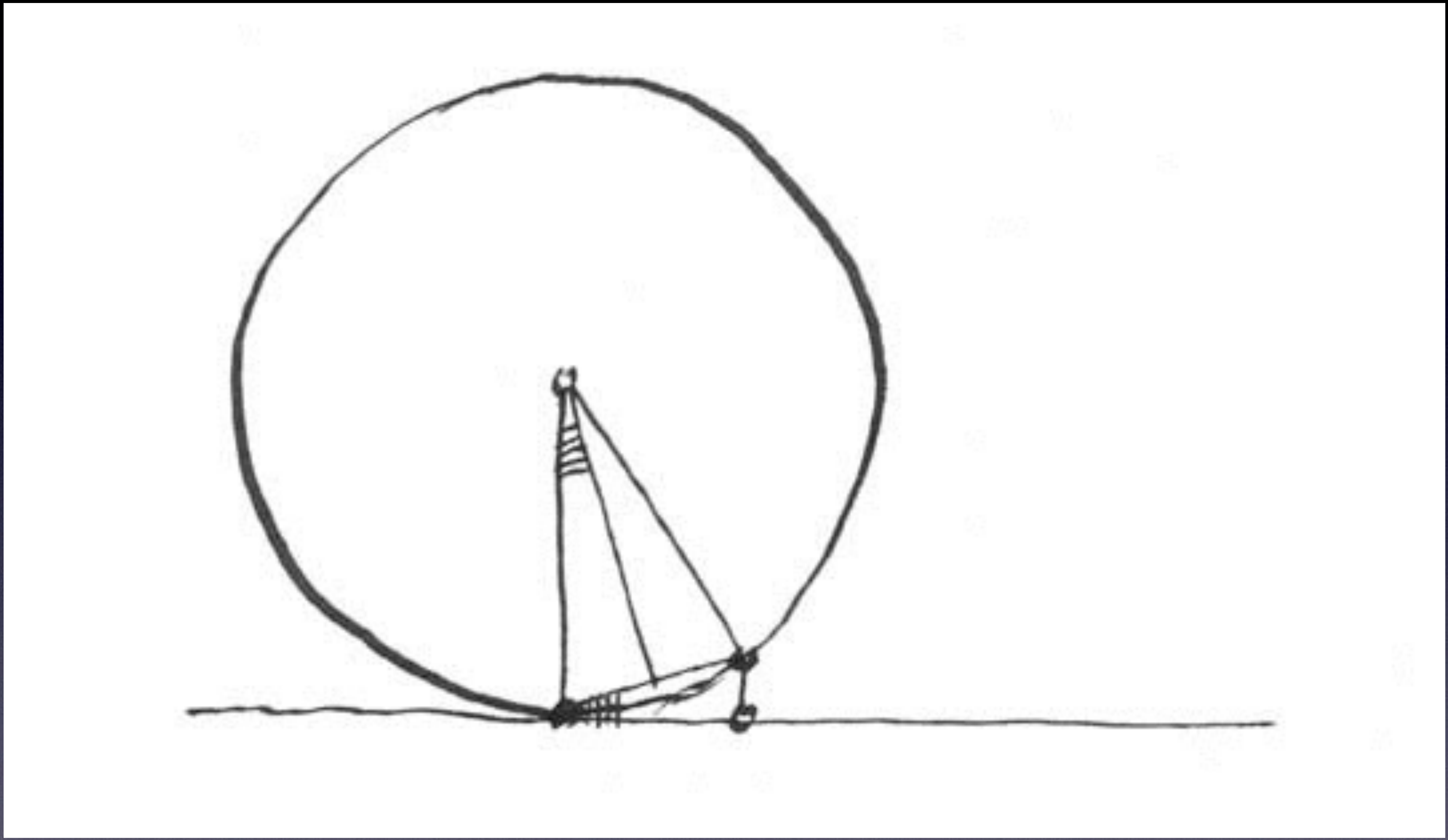
Alvorens de verhandeling over dit kristal te besluiten, zal ik er nog een prachtig verschijnsel aan toevoegen, dat ik heb ontdekt nadat ik al het bovenstaande had geschreven. Want hoewel ik er tot dusver de oorzaak niet van heb kunnen vinden, wil ik niet nalaten het te vermelden, om anderen de gelegenheid te geven die oorzaak te zoeken.

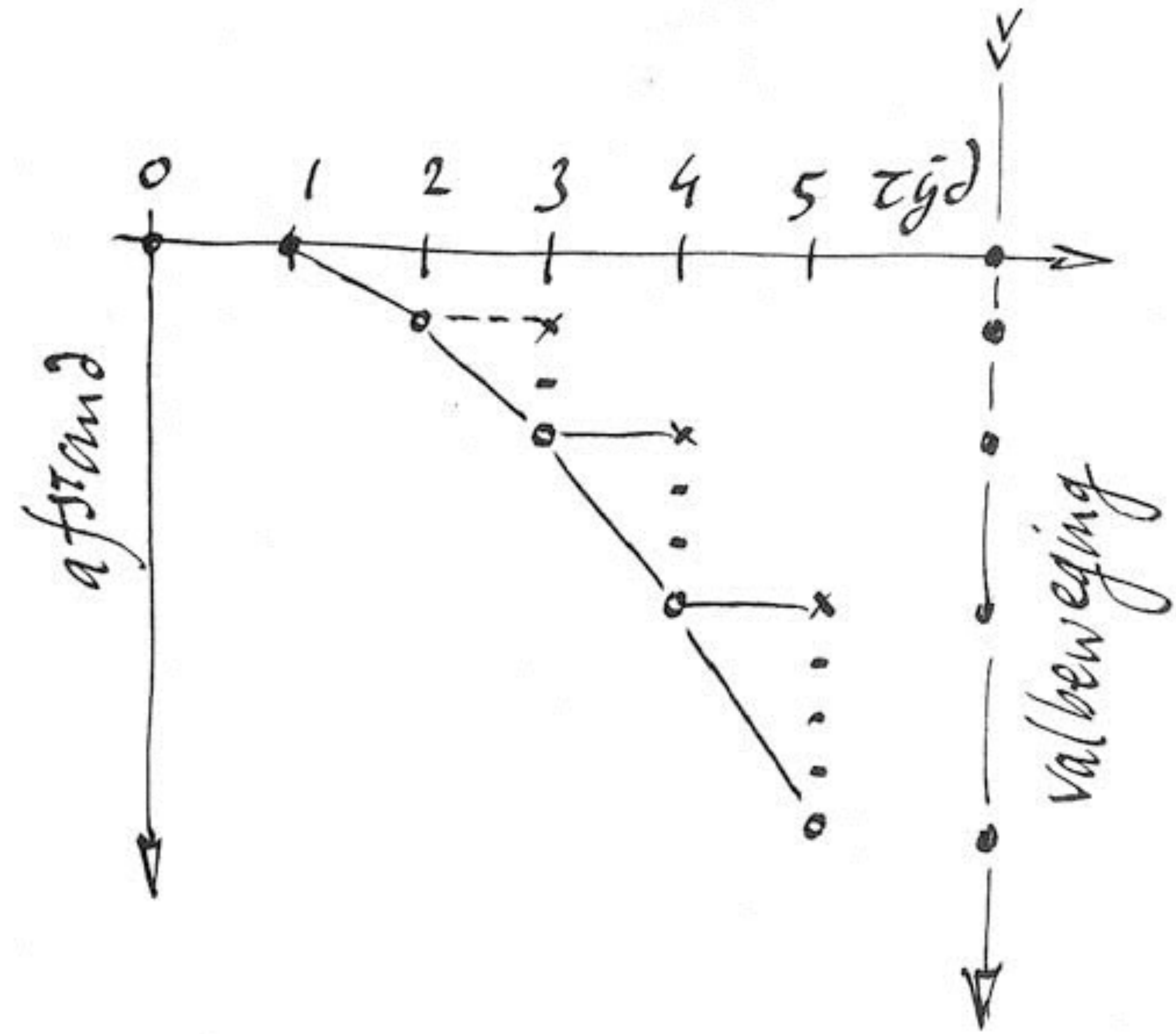
De Vi Centrifuga

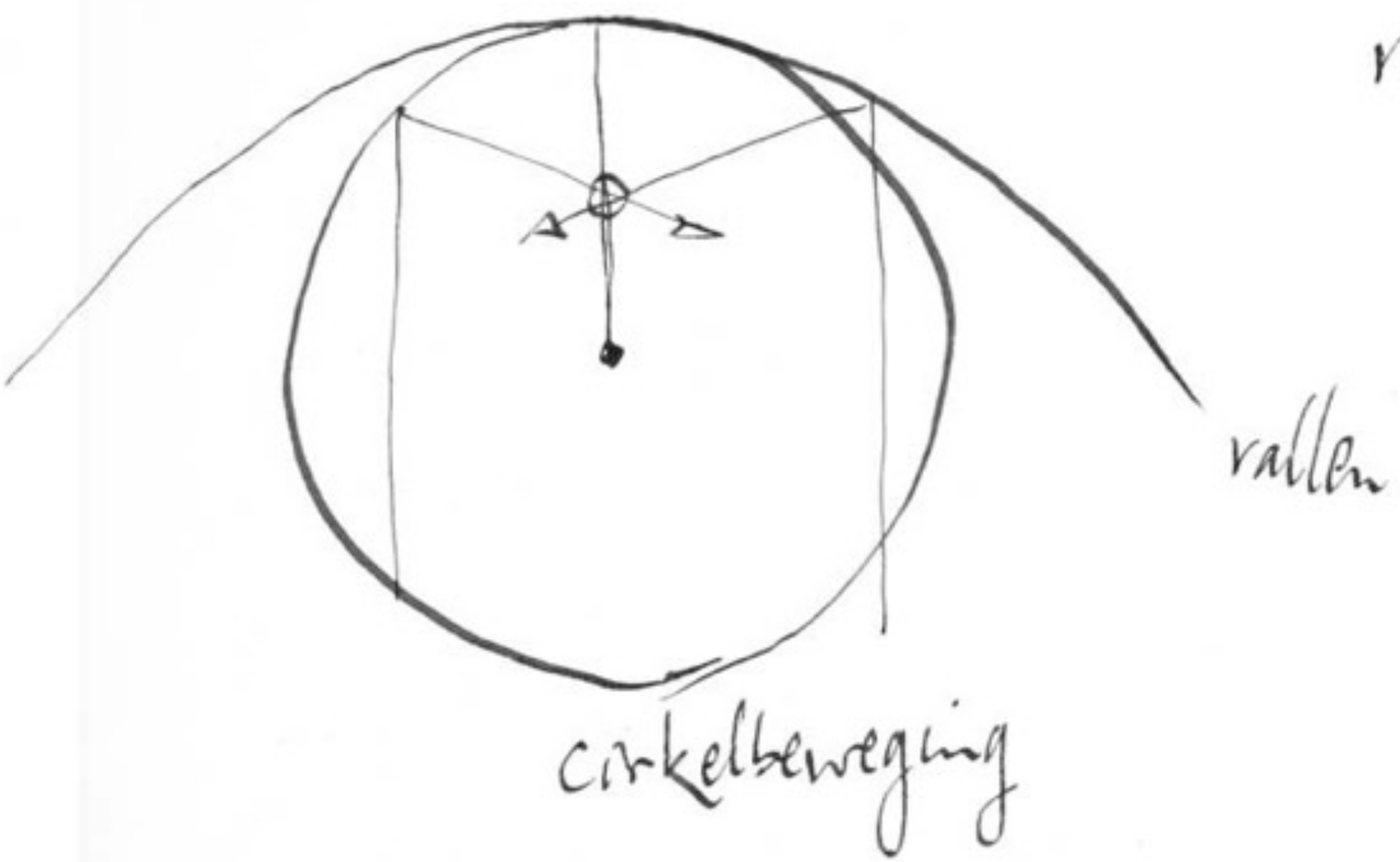
De eerste wiskundige natuurwet aller tijden

De Vi Centrifuga

- Cirkelbeweging is niet de ‘ideale’ of ‘natuurlijke’ beweging
- Cirkelbeweging is een versnelde beweging
- Snelheid verandert van richting
- Kan alleen als er een kracht in het spel is

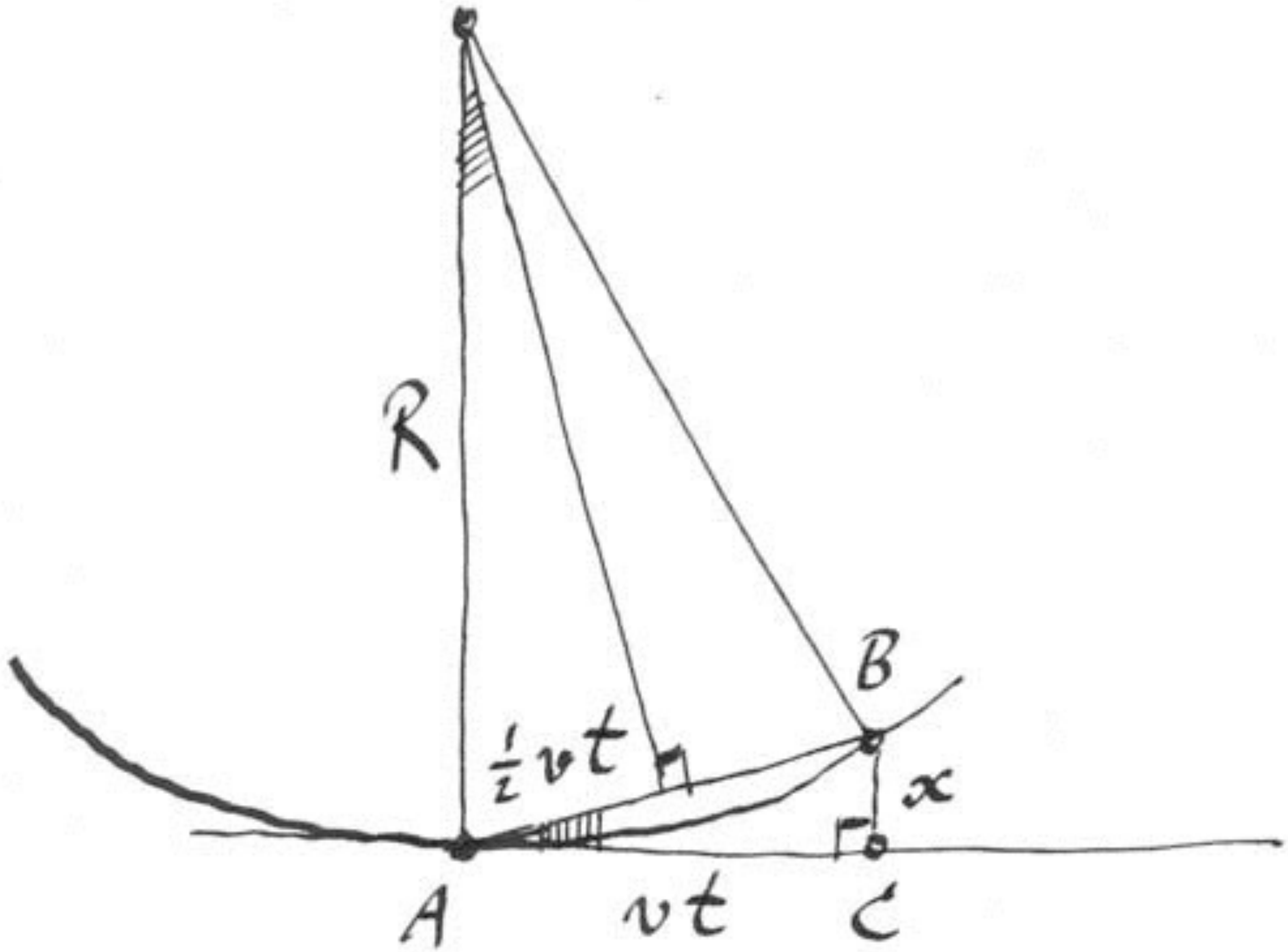

0
1
2
3
4
5
tijd
afstand
valbeweging



raken als brandpunten samenvallen

$\Rightarrow$ brandpunt $= \frac{1}{2}$ straal

Dus gebruik parabool bij top

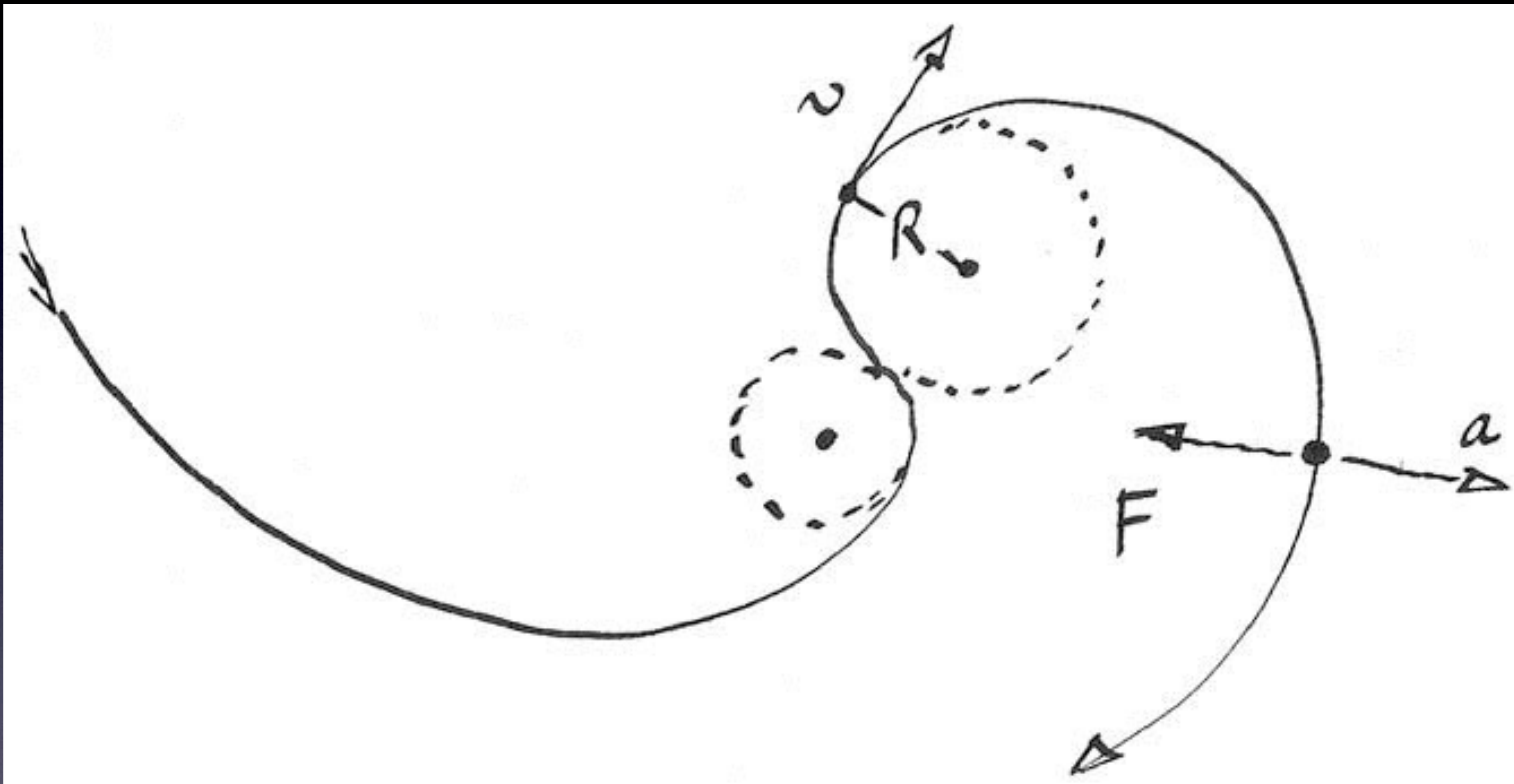


$$\frac{x}{vt} = \frac{\frac{1}{2}vt}{R}$$

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}\frac{v^2}{R}t^2 \\ x &= \frac{1}{2}gt^2 \end{aligned}\right\}$$

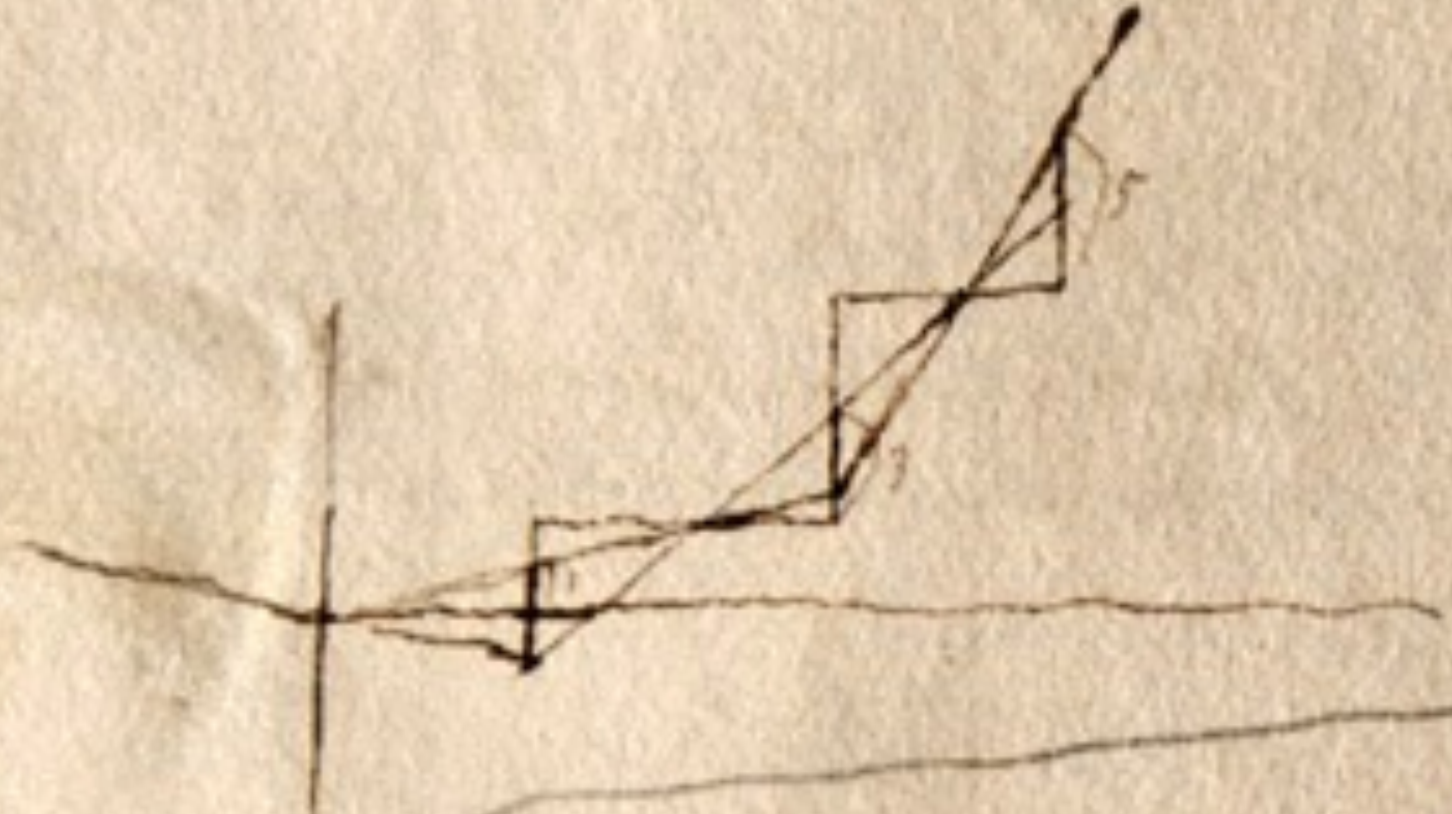
$$\frac{BC}{AC} = \frac{\frac{1}{2}AB}{R}$$

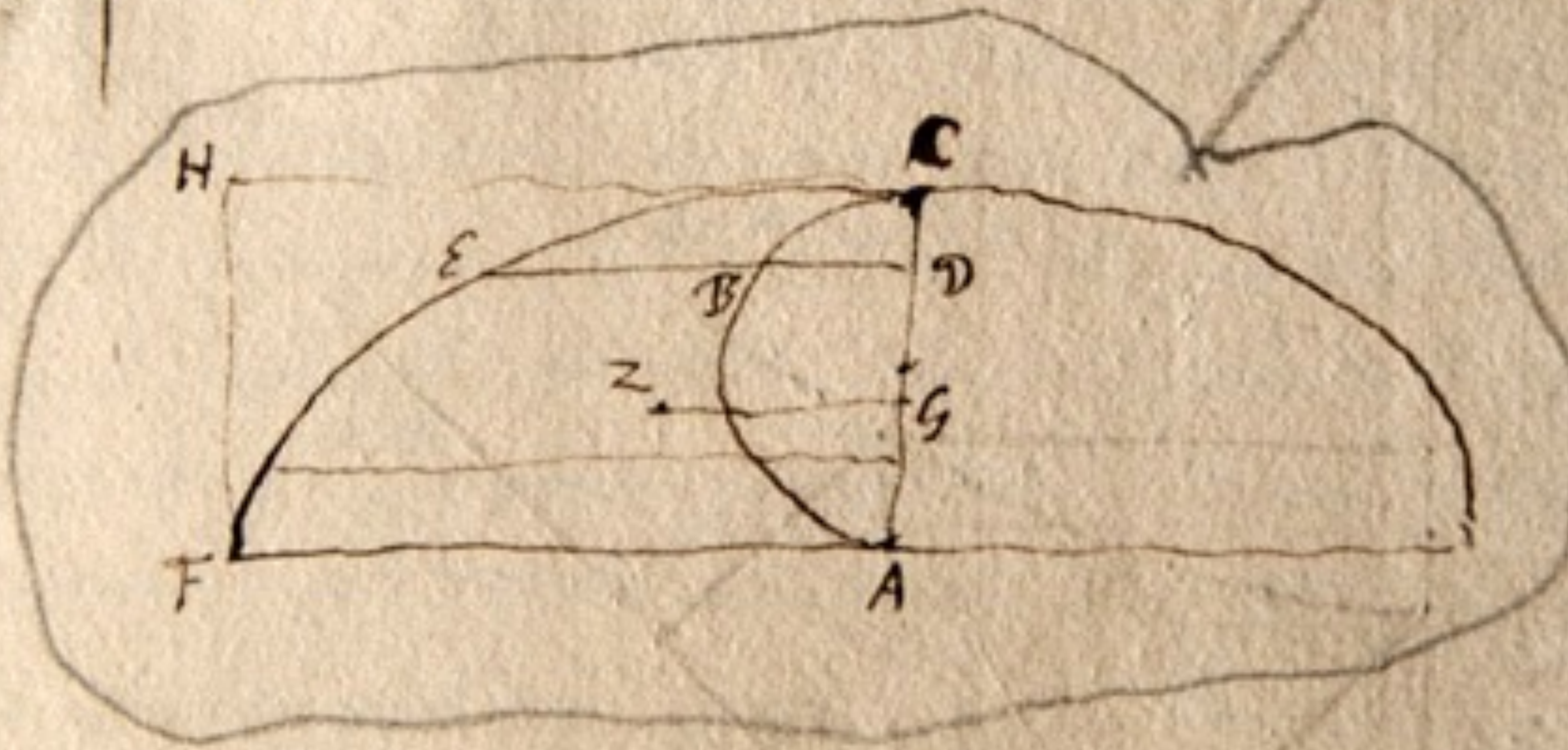
$$\boxed{g = \frac{v^2}{R}}$$


v
R
F
a

Cycloïde

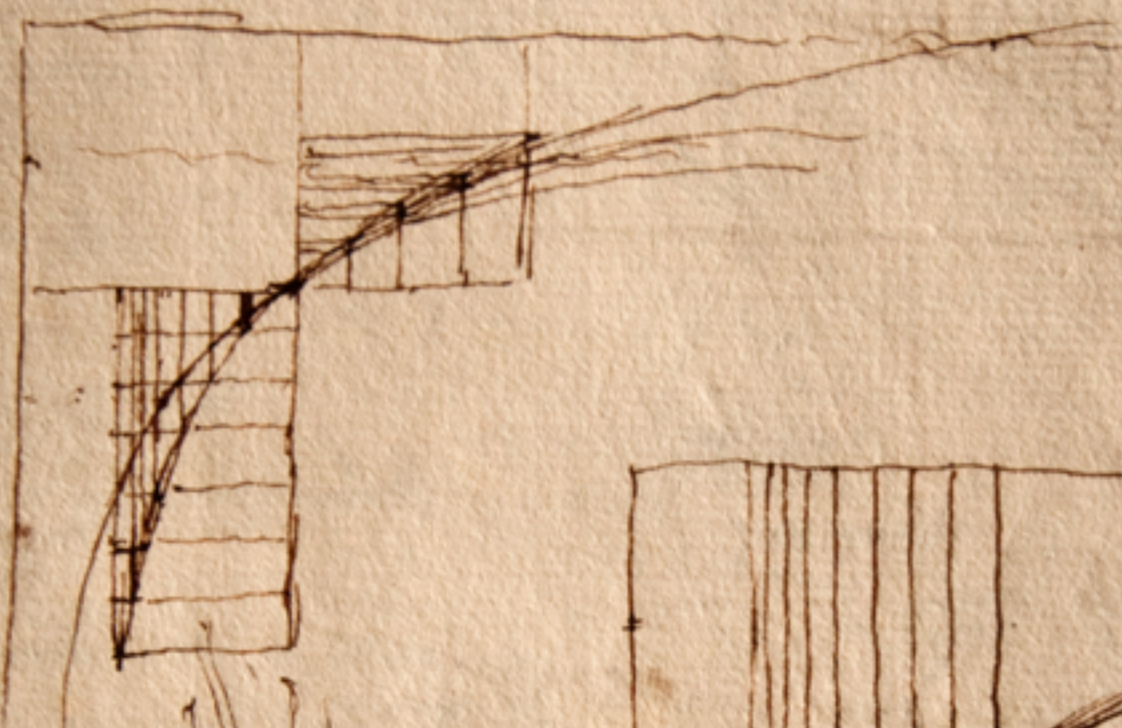
Slingertijd onafhankelijk van de amplitude





CF
CA
cu
DE
circu
Solid
circa
grav
axe

432 | 6937
19377 | 3875



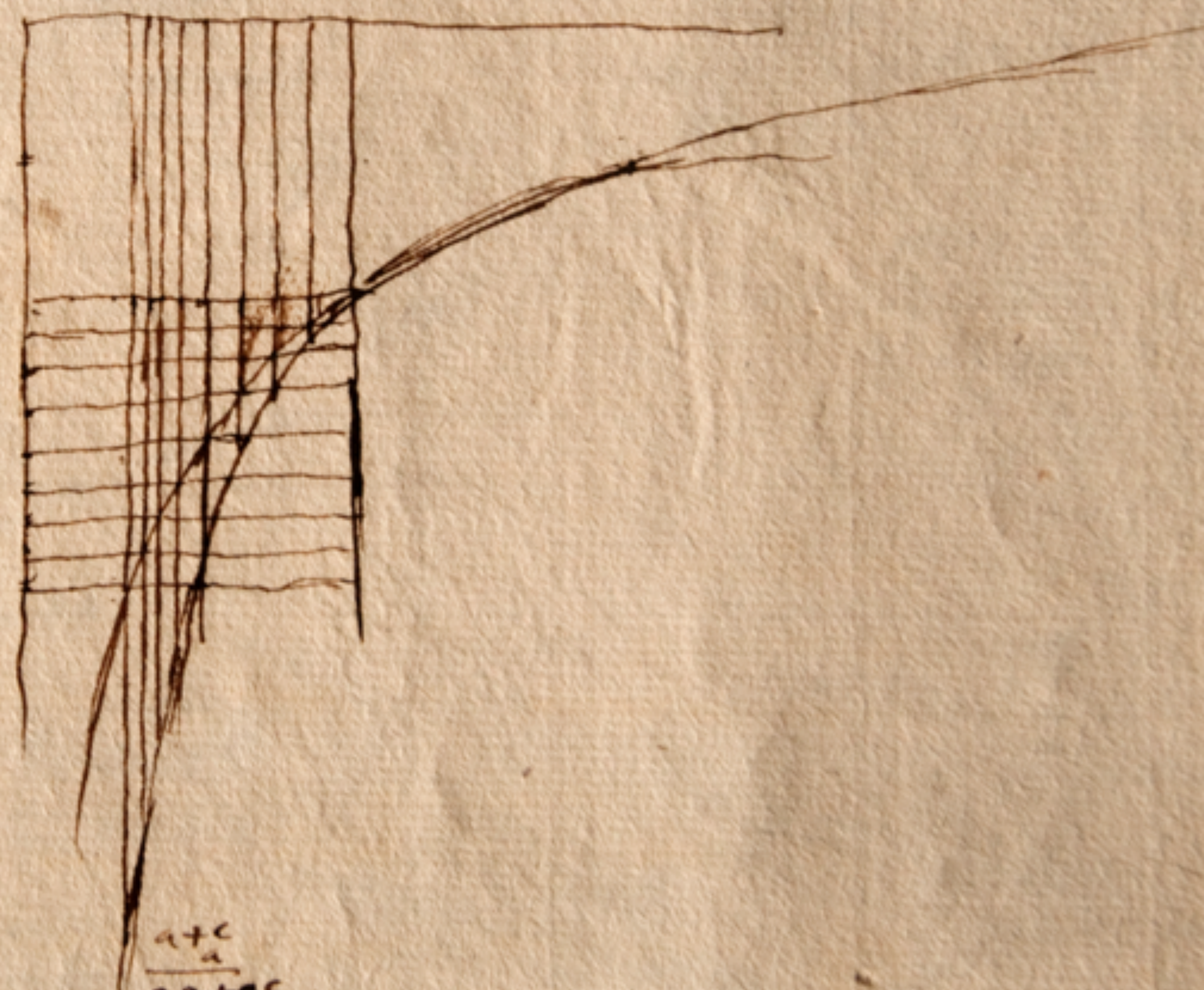
$6937 \quad \frac{14}{5000} \quad 14$

$11 \quad 70000$

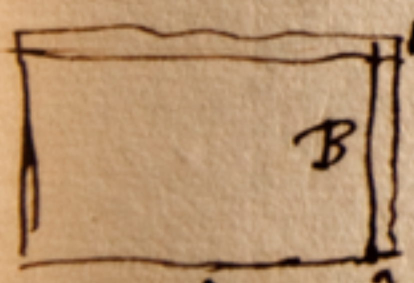
6937
6937
76307

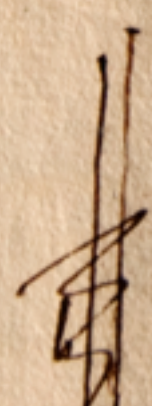
1 — 1444 3

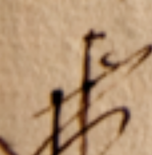
4344
3.4785665
3.4790007



$\frac{a+c}{a}$
$aa+ac$

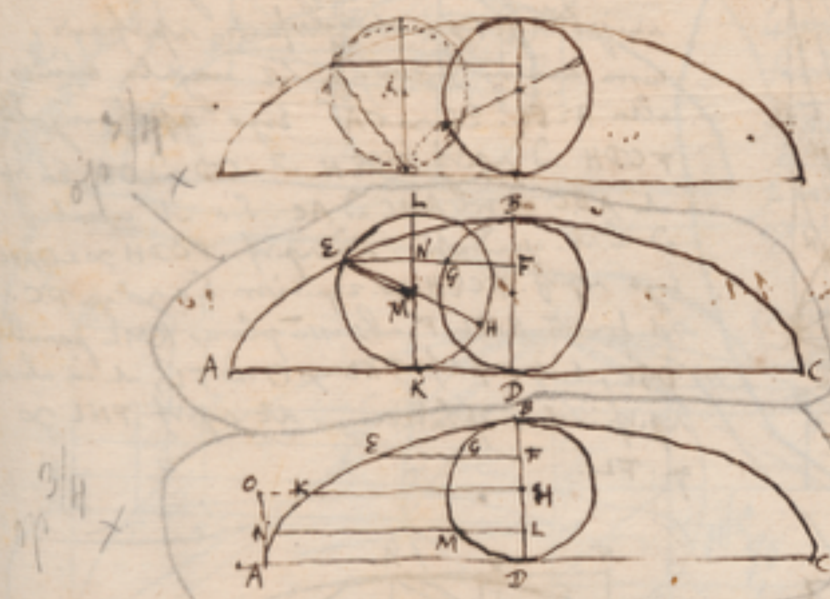




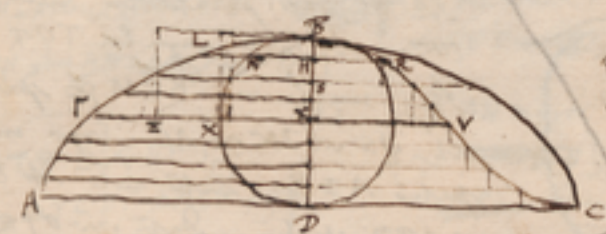


$A+a$
$B+b$
$AB + aB + Ab$

$a \text{ — } \sqrt{aa+ac} \text{ — } b \,/\, \frac{b\sqrt{aa+ac}}{a}$



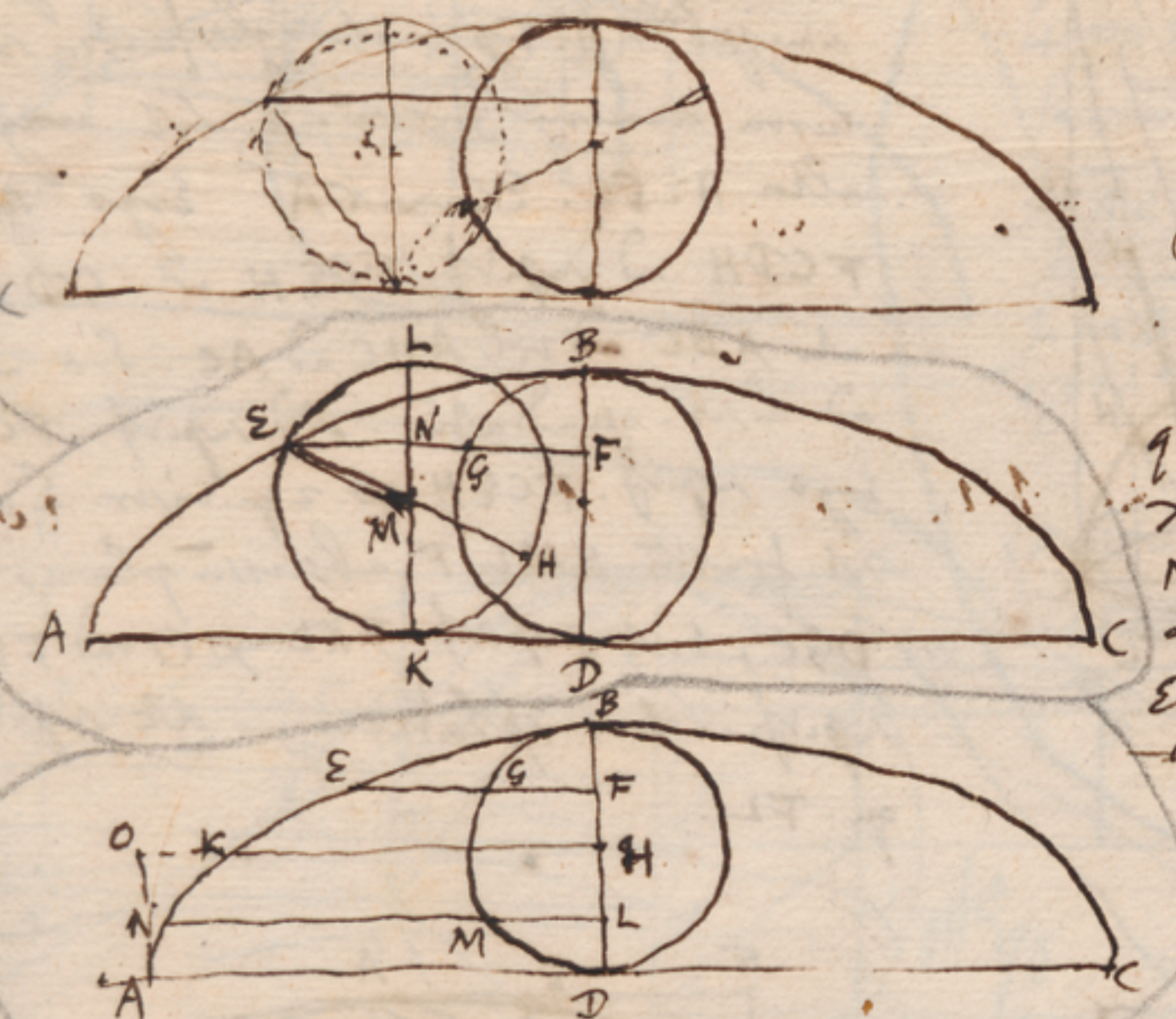
ABC est Cycloides
BD diameter circuli genitoris
EF parall. AD.
Dico EG ∞ arcui GB
Cum B est in E, circulus BD
est in EKH. et D in H.
Ergo arcus KH ∞ rectae KD.
quare et arcus EL ~~∞~~ sive GB
∞ rectae KD sive NF. Sed
NF ∞ GE: nam GF ∞ NE; et
addita utrimque NG fit EG ∞ NF.
Ergo arcus BG ∞ GE.

Sit HL ∞ HF. et ducantur FE, LN. Erunt duae simul GE et MN ∞ DA. Nam GE ∞ ⌒GB. et MN ∞ ⌒MB, sive GD. Ergo GE+MN ∞ ⌒BGD, hoc est ∞ DA. Quod cum semper contingat, hinc facile ostenditur quod spatium AEBGMDA ∞ ▭ HA, hoc est ∞ circ. BD. unde totum cycloidis spatium ABC, triplum erit circuli genitoris BD.

FNEG cylindrus cujus basis circulus FG ∞ BD, et GE ∞ ⌒FG. Hic sectus est plano EF in duo aequalia. BH ∞ GO
KL ∞ BK×?? GM vel PQ.
sit HR ∞ KL et sic porro. fit ergo ▭ RS aequale superficiei curvae QT, et sic in singulis. unde spatium totum BRVCD ∞ superficiei curvae FGE. Sed spatium BRVCD ∞ BKXDAL ex constructione quasi. Ergo spatium BKXDAL ∞ superf. FGE. hoc est duplo semicirculo FMG vel BXD. unde rursus patet quod supra demonstratum fuit.

Itaque spatium BLADXB reductum ad BRVCD nihil aliud est quam dimidium involucrum FGE expansum in superficiem planam.

Et si fuerit EΔ ∞ BY, et planum ΔZ parall. plano basis FG. erit etiam involucrum ZΔE ∞ spatio XΓBKX, vel YVRB.

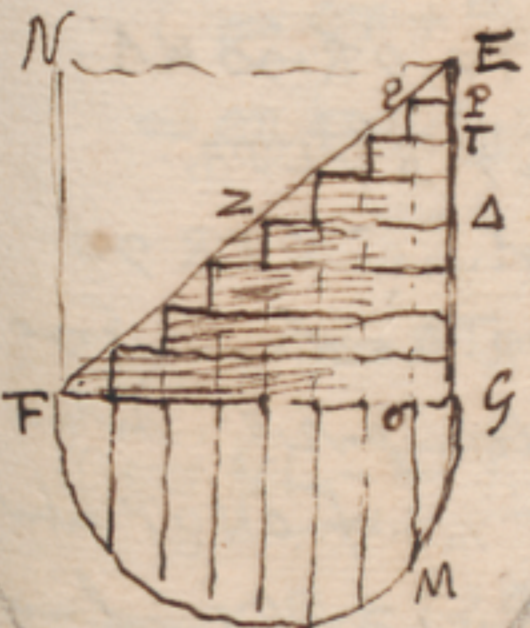
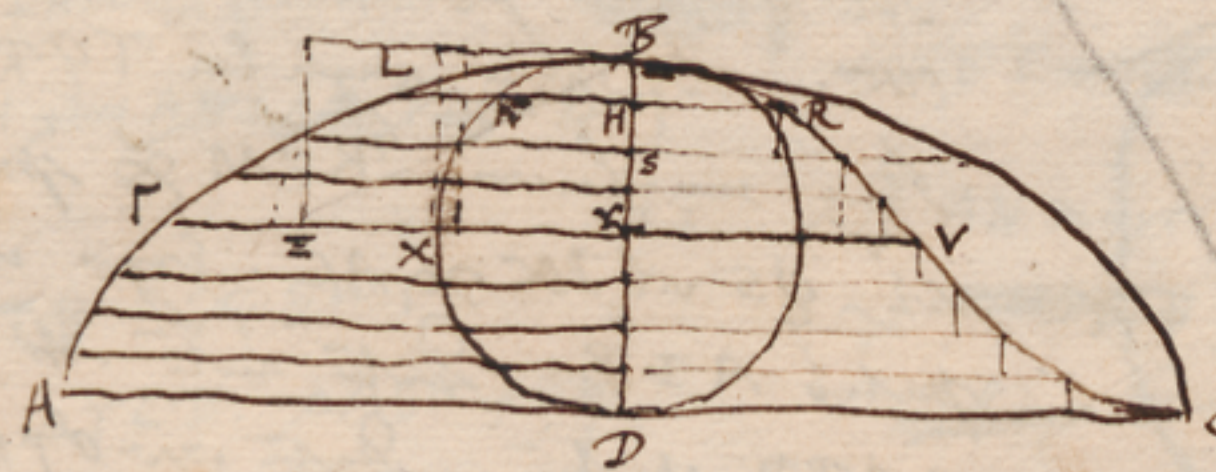
Quod si autem EΔ fuerit ∞ ½ EG, ducta ΓXY per centrum circuli BD. erit involucrum ZΔE ~~—~~ ungulae cylindricae; ~~potentia~~ quadrato aequabitur à latere ZΔ vel ΔZ vel BY. Itaque spatium BLΓY aequatur quadranti BXY + qu.° BY. Hoc est, si ΓX (∞ XKB) dividatur bifariam in Ξ, et compleatur ▭ BΞ; hoc aequale erit spatio BLΓY.



ABC est Cycloides.
BD diameter circuli genitoris
EF parall. AD.
Dico EG ∞ esse arcui GB

Cum B est in E, circulus BGD est in EKH. Et D in H.
Ergo arcus KH ∞ rectae KD.
quare et arcus EL ~~∞~~ sive GB ∞ rectae KD sive NF. Sed NF ∞ GE: nam GF ∞ NE; et addita utrinque NG fit EG ∞ NF.
Ergo arcus BG ∞ GE.

Sit HL ∞ HF. et ducantur FE, LN. Erunt duae simul GE et MN ∞ DA.
Nam GE ∞ ⌒ GB. et MN ∞ ⌒ MB sive GD. Ergo GE + MN ∞ ⌒ BGD, hoc est ∞ DA. Quod cum semper contingat, hinc facile ostenditur quod spatium AEBGMDA ∞ □ HA, hoc est ∞ circ. BD. unde totum cycloidis spatium ABC, triplum



FNEG cylindrus cujus basis circulus FG ∞ BD. et GE ∞ FG. Hic sectus est plano EF in duo aequalia. BH ∞ GO. BK vel KL ∞ GM vel PQ. et HR ∞ KL et sic porro. Fit ergo ▭ RS aequale superficiei curvae ϘT, et sic in singulis. Unde spatium totum BRVCD ∞ superficiei curvae FGE. Sed spatium BRVCD ∞ BKXDAL ex constructione quasi. Ergo spatium BKXDAL ∞ superf. FGE. Hoc est duplo semicirculo FMG vel BXD. Unde rursus patet quod supra demonstratum fuit.

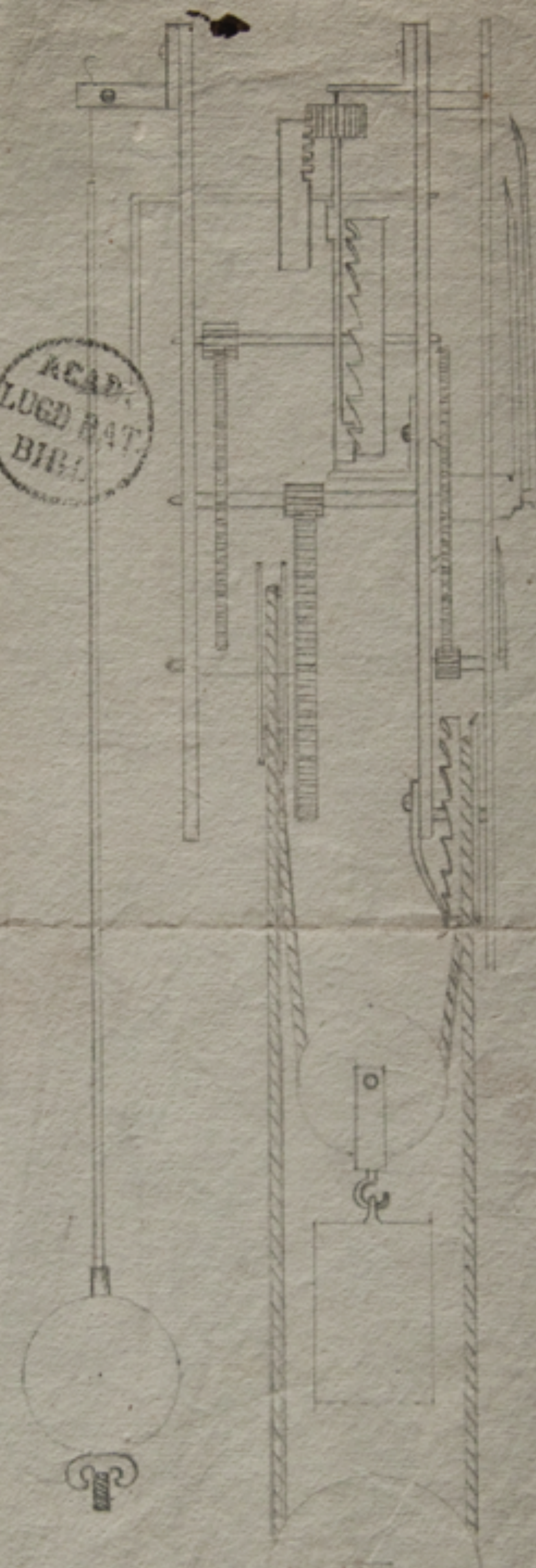
Itaque spatium BLADXB reductum ad BRVCD nihil aliud est quam dimidium involucrum FGE expansum in superficiem planam.

Et si fuerit EΔ ∞ BY, et planum ΔZ parall. plano basis FG. Erit semi involucrum ZΔE ∞ spatio XΓBKX, vel YVRB.

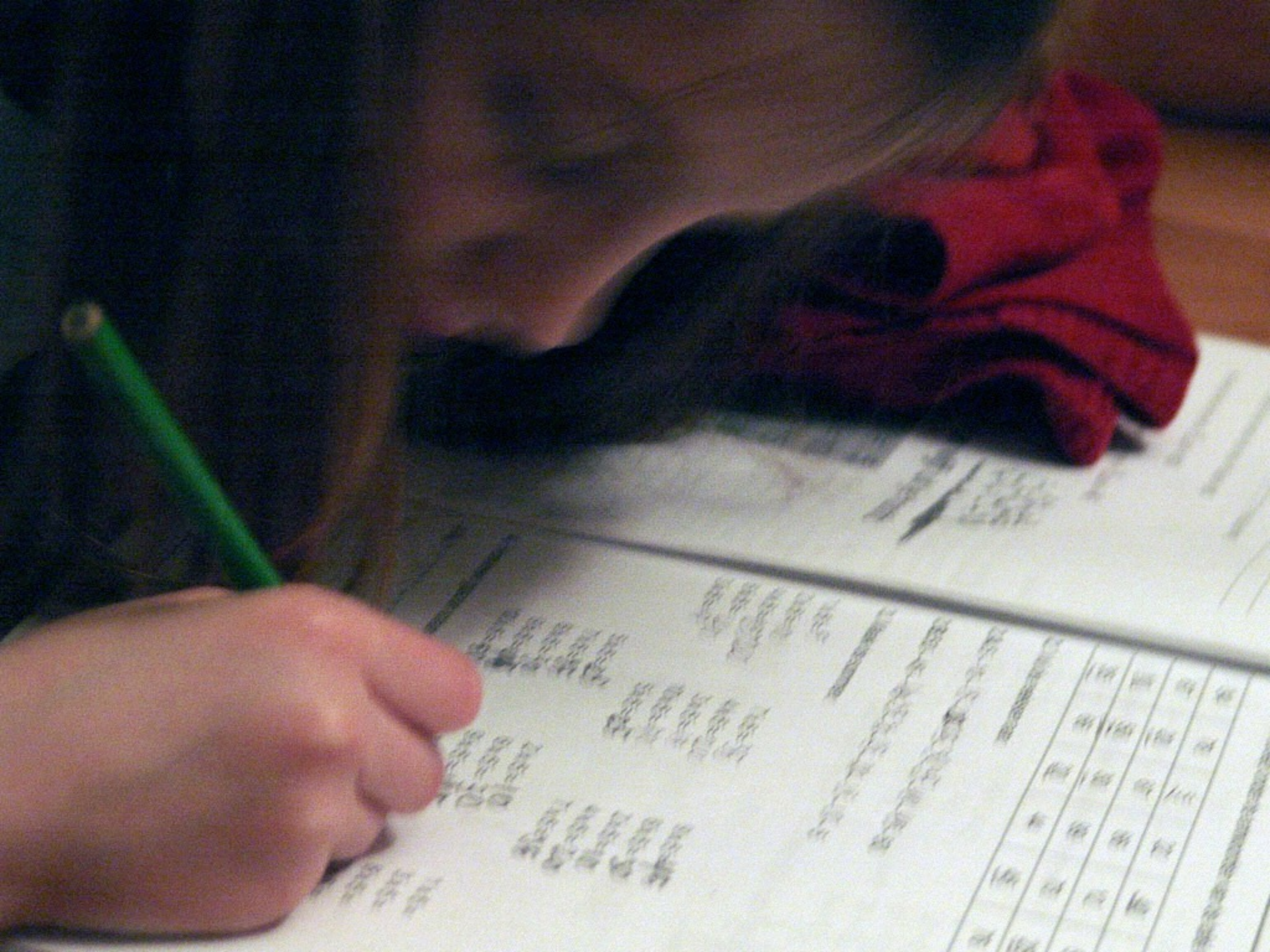
Quod si autem EΔ fuerit ∞ $\frac{1}{2}$ EG, id. eoque ΓXY per centrum circuli BD. erit involucrum ZΔE ~~—~~ ungula cylindricae; ~~potuit~~ quadrato aequabitur à latere ÆΔ vel ΔZ vel BY. Itaque spatium BLΓY aequatur quadranti BXY + quo. BY. Hoc est, si ΓX (∞ XKB) dividatur bifariam in Ξ, et compleatur ▭ BΞ; hoc aequale erit spatio BLΓY.

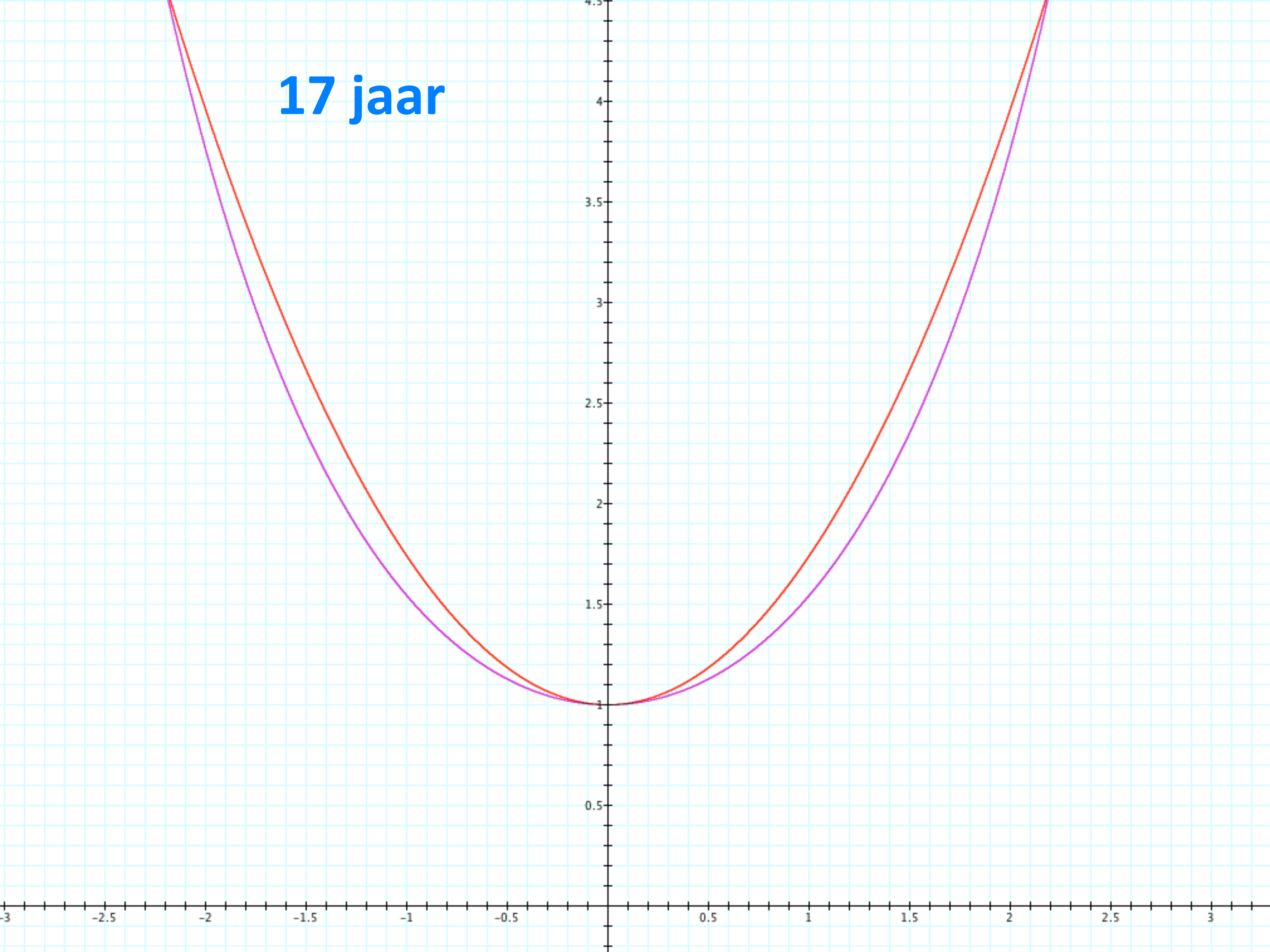
108

Tabula haec
eadem incisa
reperitur in
Hugenii Horologio




25+
8C
Portret van Constantyn Huygens door Ravesteyn
1601-1671
NEDERLAND




17 jaar
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
-3
-2.5
-2
-1.5
-1
-0.5
0.5
1
1.5
2
2.5
3

“Huygens is de nieuwe Archimedes”

Toekomst

GRT & QFT
Van boldriehoeken en kansrekening naar een Theorie van Alles

Algemene Relativiteitstheorie

- Locale Lorentz-symmetrie
- Ruimte-tijd is echt spul
- Beweging van de ruimte

Quantum Velden Theorie

- Locale U(1), SU(2), SU(3) symmetrie
- Beweging van deeltjes in de ruimte

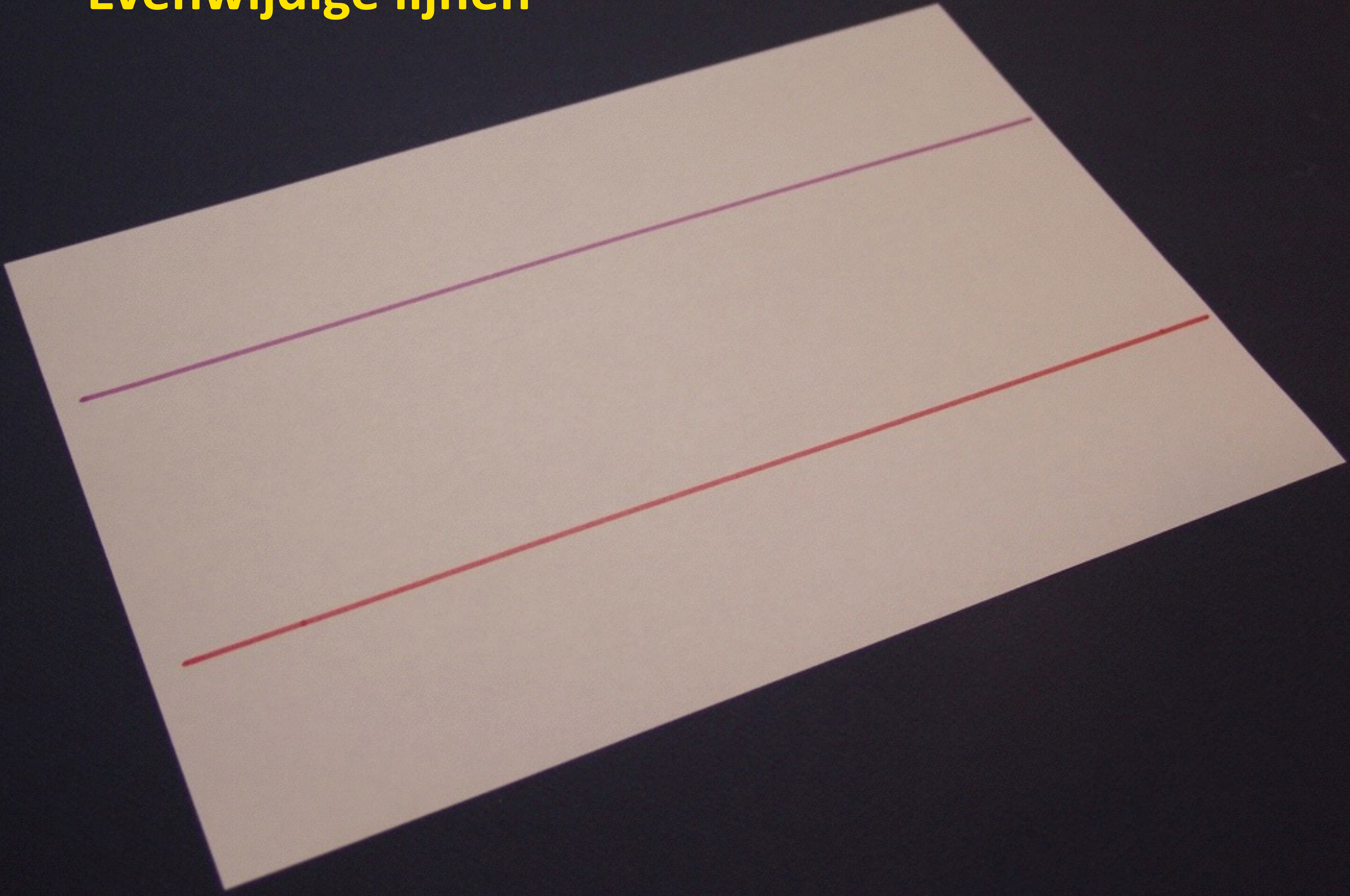
Symmetrie

Veranderen zonder verandering
Van Huygens via Einstein naar SU(3)

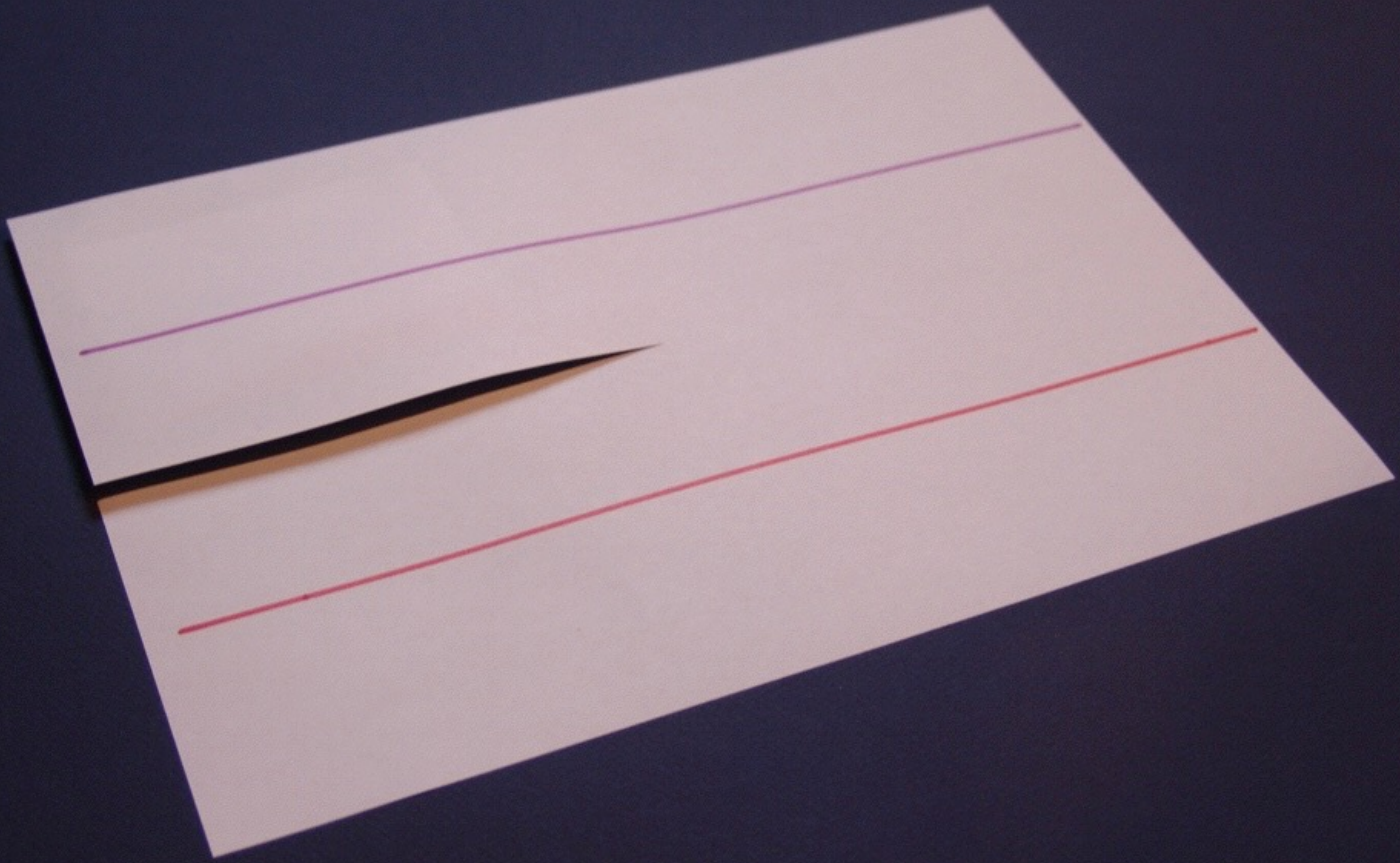
Einstein’s Origami

- Lokale Lorentz symmetrie
- Ruimte en tijd zijn niet voor iedereen hetzelfde
- Dus zijn ruimte en tijd geen onzichtbaar tekenpapier
- Ruimte-tijd is bouwmateriaal

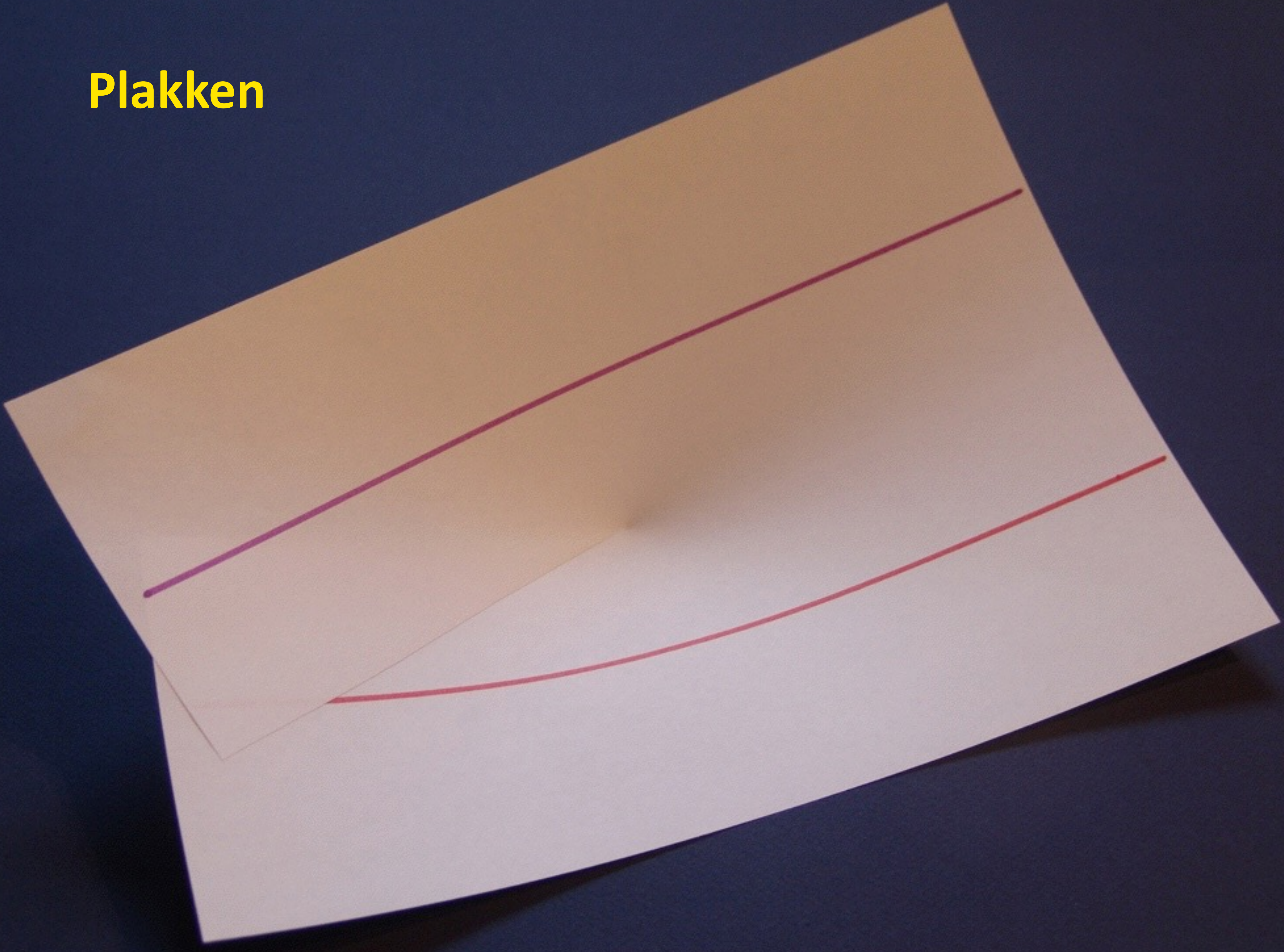
Evenwijdige lijnen



Inknippen



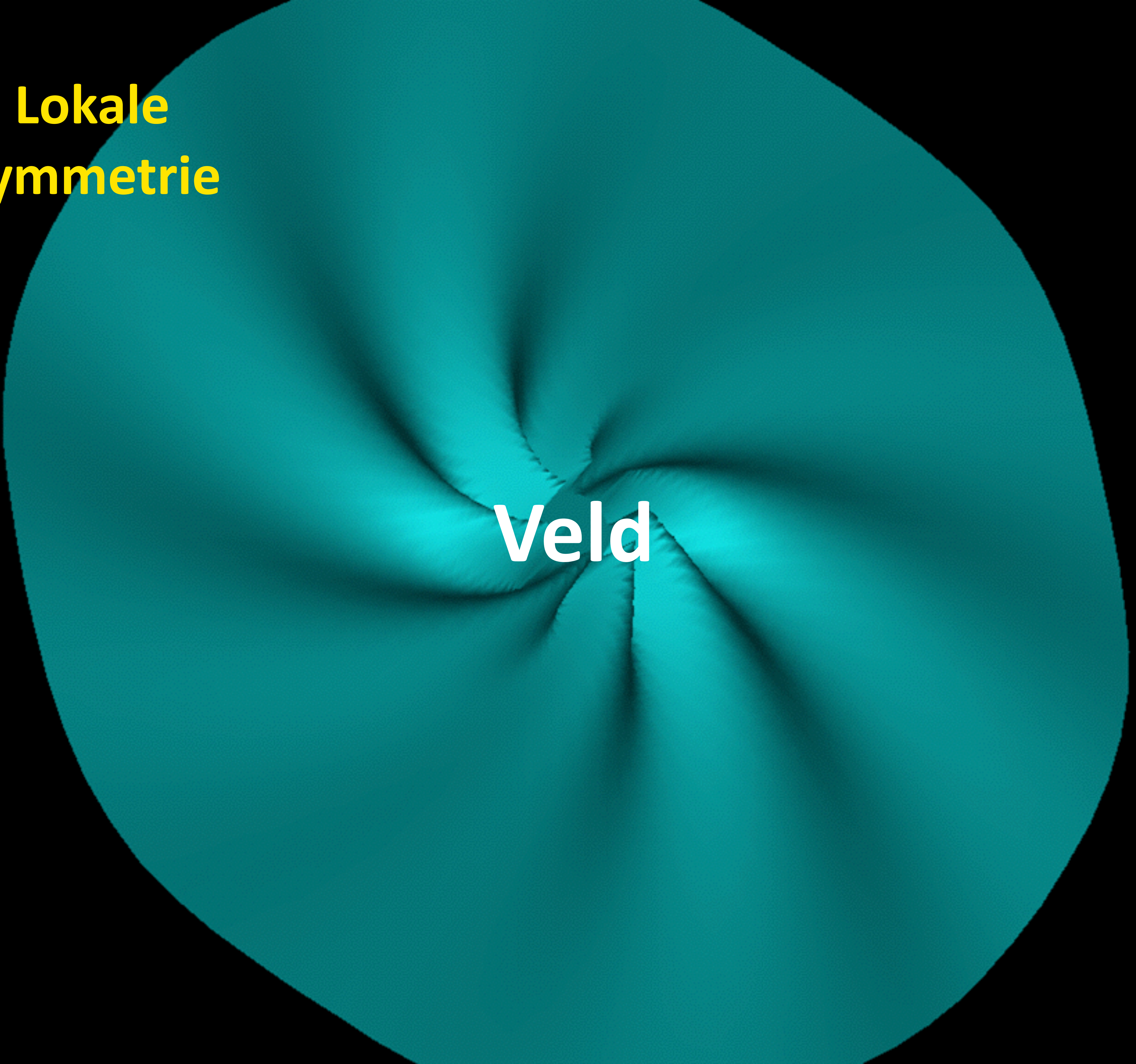
Plakken



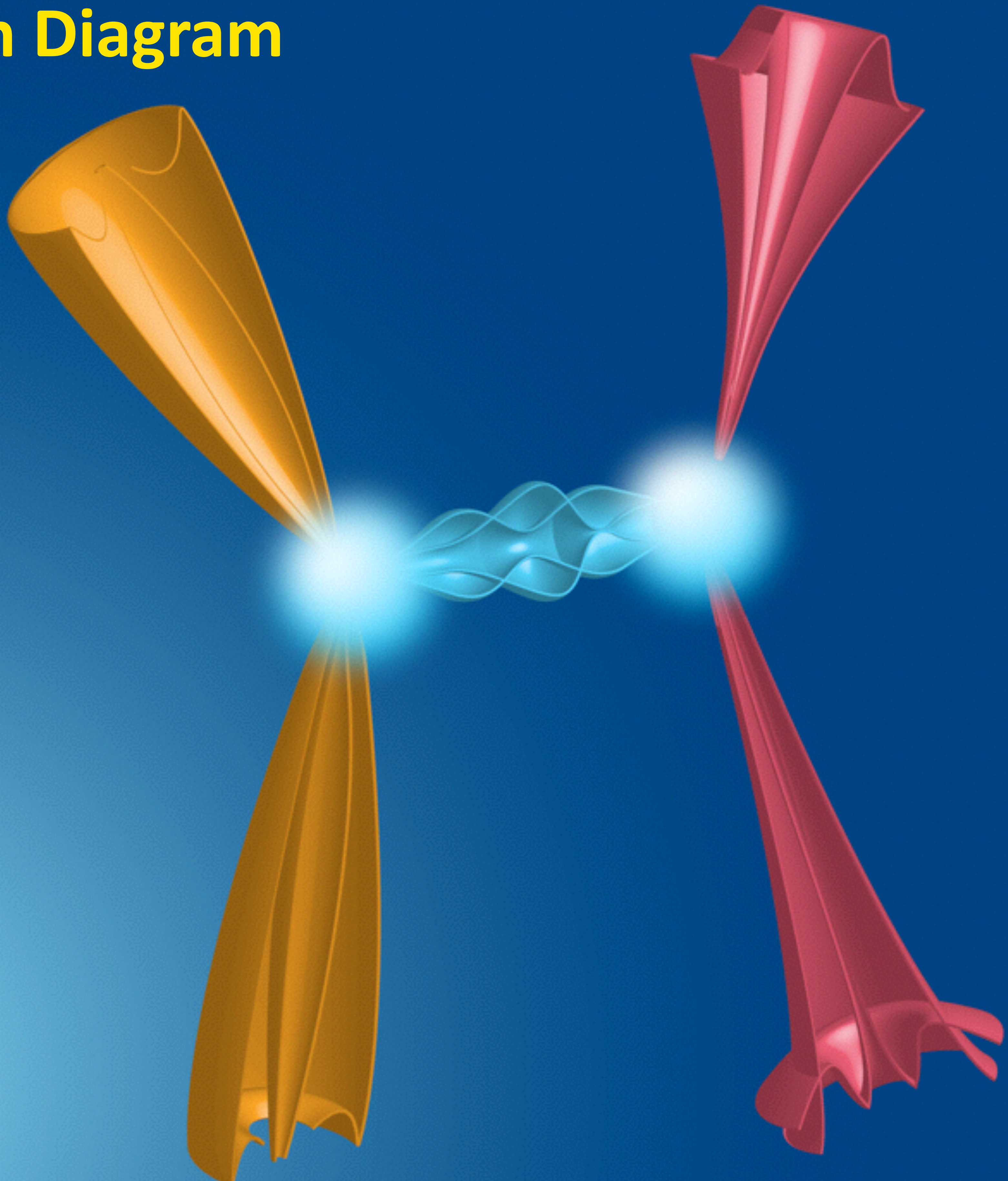
Lokale symmetrie

- U(1)
- SU(2)
- SU(3)
- Lorentz

Lokale symmetrie



Feyman Diagram



Lokale symmetrie

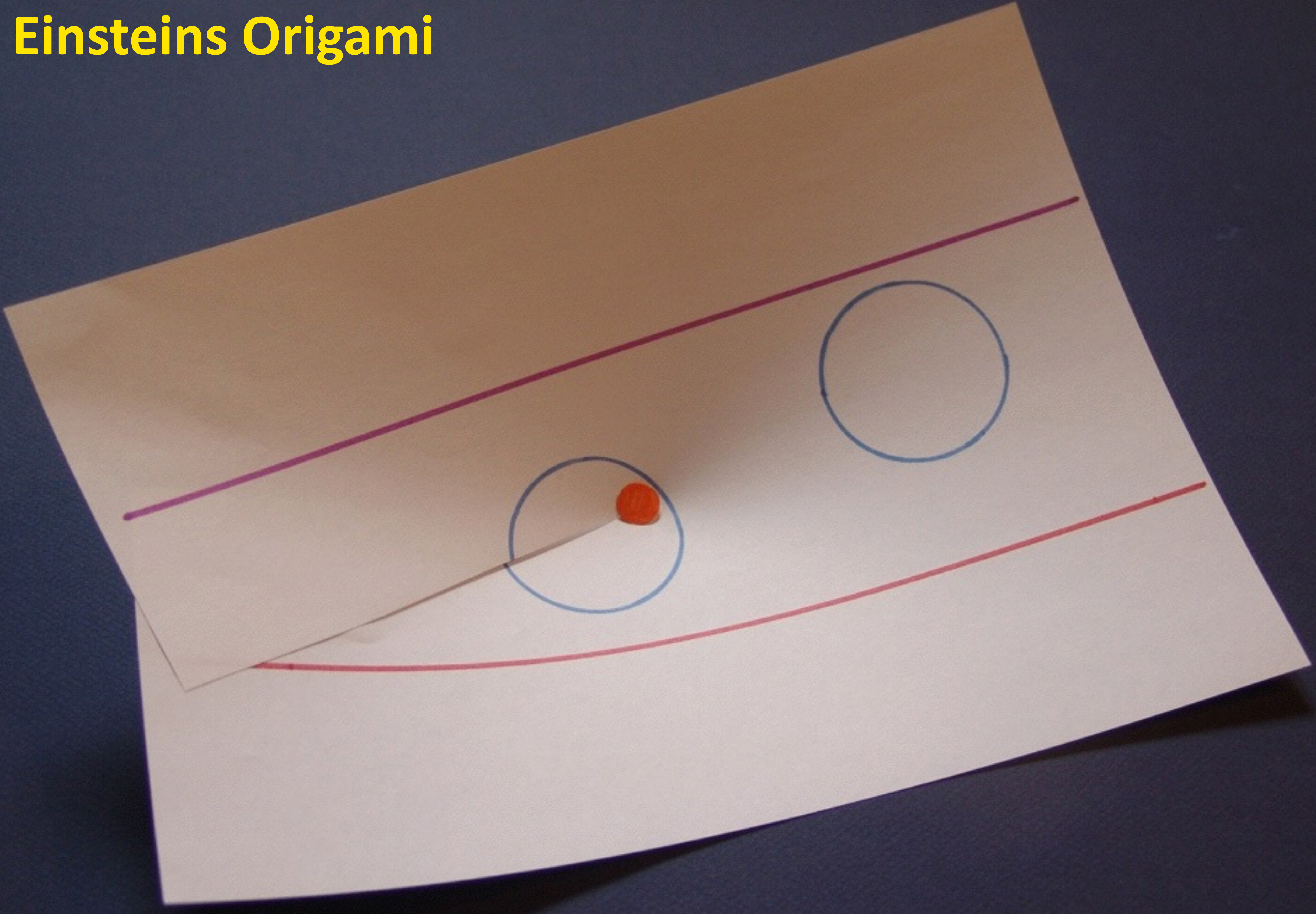
- U(1) -> elektromagnetisme
- SU(2) -> zwakke wisselwerking
- SU(3) -> ‘kleur’ wisselwerking
- Lorentz -> zwaartekracht

Zwaartekracht bestaat niet

- Algemene Relativiteitstheorie
- Quantum Veldentheorie
- Theorie van Alles

Alles valt met dezelfde versnelling

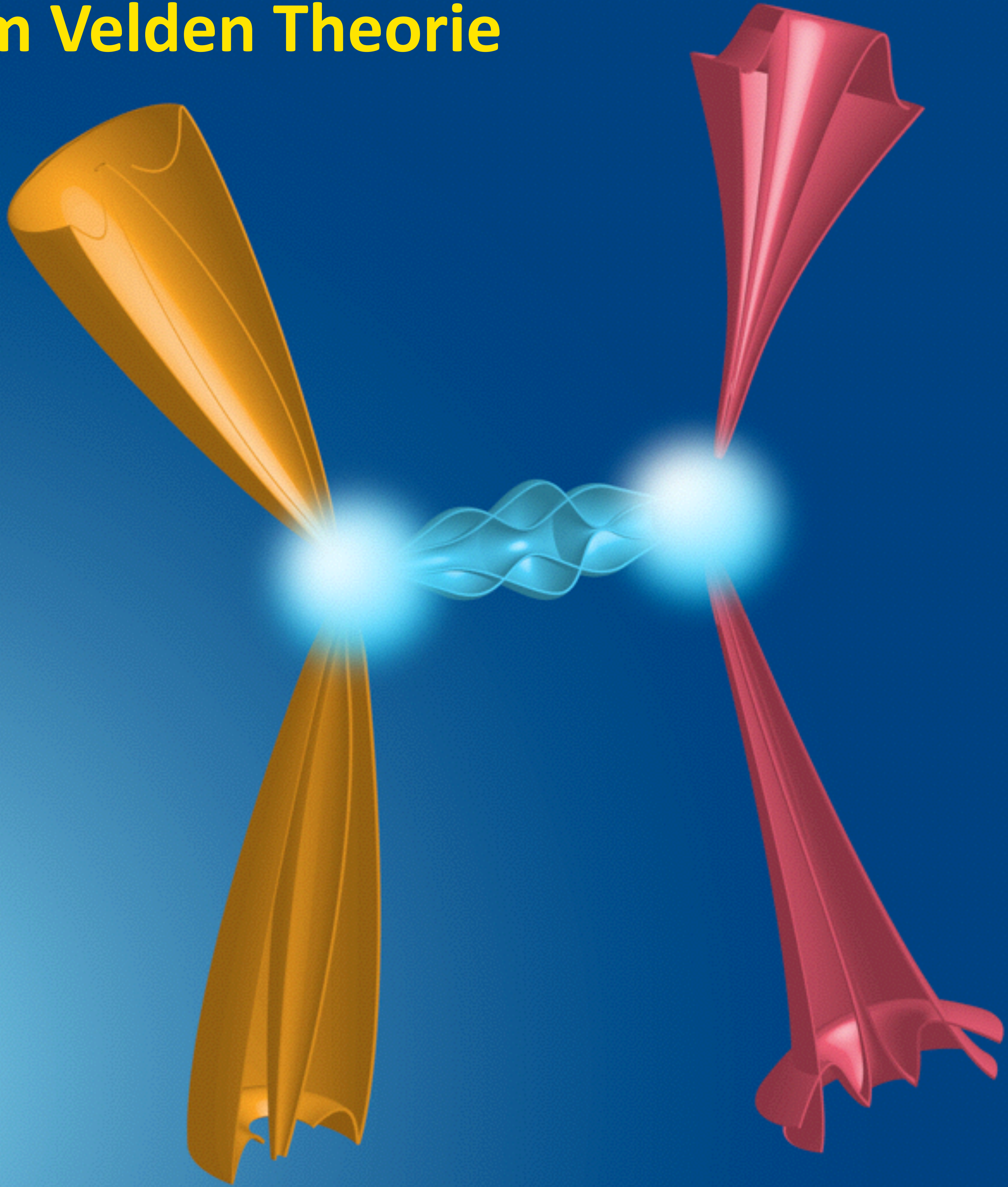
Einsteins Origami



Het raadsel van de massa

- Einsteins vondst: materie kromt de ruimte
- Maar: hoe pakt die materie dat aan?
- Wat is de wisselwerking tussen materie en ruimte-tijd?

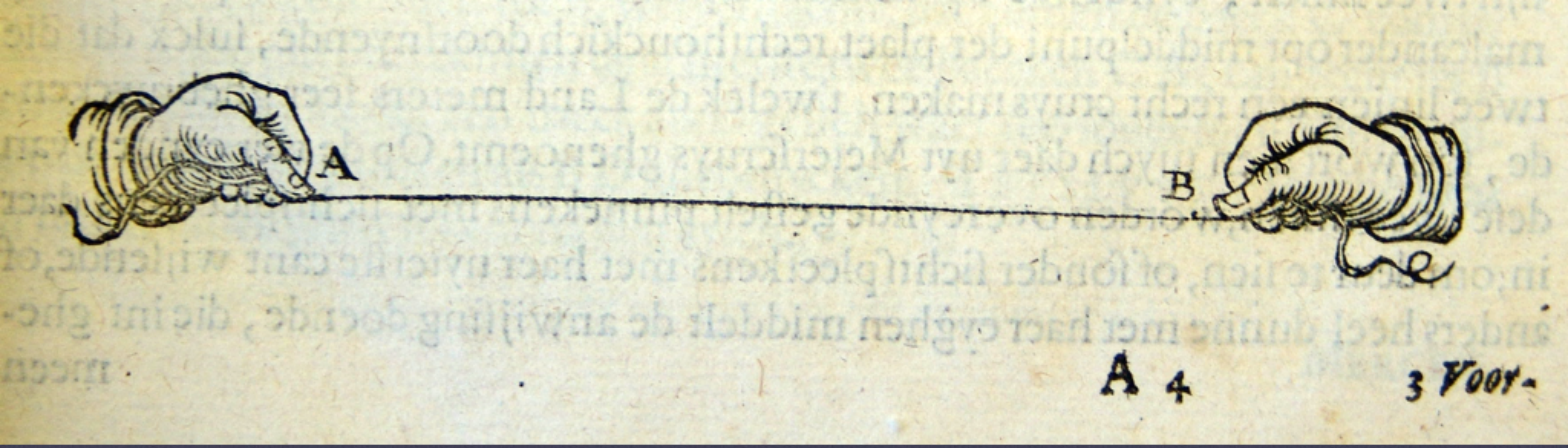
Quantum Velden Theorie

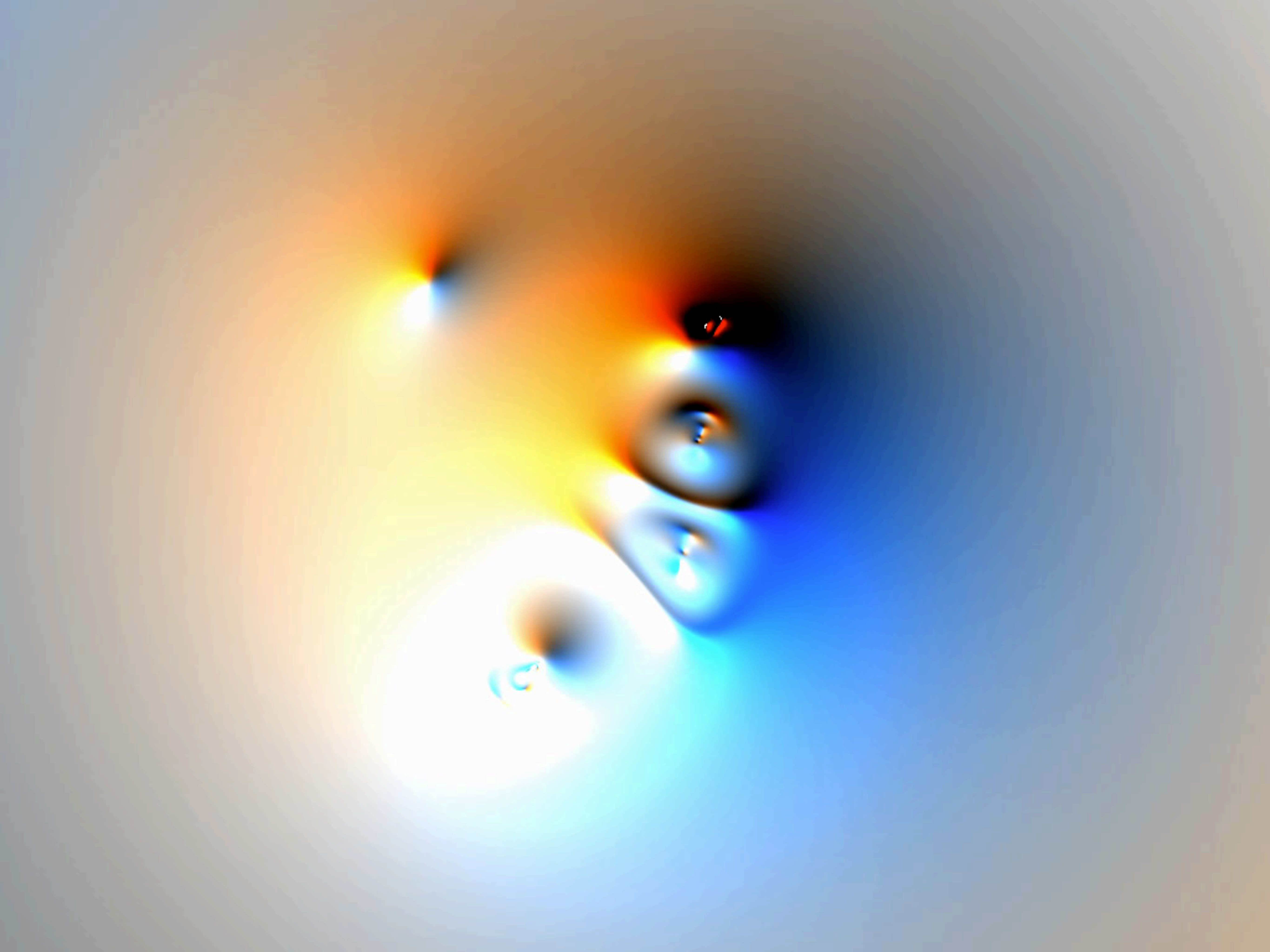



ZWAARTEKRACHT BESTAAT NIET
een vraagstuk voor de 21ste eeuw
VINCENT ICKE
Nog eens 400 jaar..?
AUP

Denk niet te snel dat iets onmogelijk is

Simon Stevin





Tot zover

www.strw.leidenuniv.nl/~icke/
www.alien-art.nl