

INHOUDSTABEL

VOORWOORD	5
DANKWOORD	7
INHOUDSTABEL	8
INLEIDING	17
Wat heeft het COVID-19-coronavirus met onze kosmos te maken	17
DEEL I: WAT IS ER ZO BIJZONDER AAN ONS UNIVERSUM	19
INLEIDING 19	
"Het meest onbegrijpelijke van de wereld is dat het verstaanbaar is." (Albert Einstein)	19
De erfenis van de wetenschap: geen nonsens noch onzekerheid	20
HST. 1: DE MENS EN DE ROUWENDE DUIF	22
1.1 "Hello from earth"	22
1.2 De gouden plaat van ruimtetuig Pioneer-10 aan onze burens	28
1.3 Twee interessante artikels in <i>Science</i> , april 2020	29
1.4 Even taalkundig: de "waarom" vraag	32
HST. 2: EEN KORT OVERZICHT VAN DE KOSMOLOGIE ALS WETENSCHAP	33
2.1 Enkele voorafgaande beschouwingen over wetenschap, over ons bestaan en over ons universum	34
2.1.1 "A Universe from Nothing"	35
2.1.2 Wij zijn "gefinetuned" voor dit universum, niet omgekeerd.	37
2.2 Vanwaar komt de vacuümenergie, wat zijn quantumfluctuaties?	38
2.2.1 De algemene relativiteitstheorie: de ruimte zonder massa is vol energie	38
2.2.2 De golffunctie uit de quantumfysica is nooit nul!	39
2.2.3 De energie van het elektron is nooit gelijk aan nul	39
2.2.4 De energie van het proton is de energie van het "niets"	40
2.2.5 Vacuümfluctuaties, inflatie en symmetriebreking	41
2.2.6 Het Casimir-effect	42
2.3 Wat zijn, wetenschappelijk gezien, de voorwaarden om het leven, zoals het onze, te laten ontstaan?	43
2.3.1 Hoe zeldzaam zijn de voorwaarden voor leven elders in het universum?	45
2.3.2 Geloven in astronomie of astrologie?	48
2.4 "Shut up and calculate", Richard Feynman	49
2.5 "Science progresses one funeral at a time", Max Planck	49
2.6 Geloven de mensen in de wetenschap?	50
2.6.1 Zijn religie en wetenschap compatibel?	52
2.6.2 Is de wetenschap nuttig voor de mensheid?	54
2.6.3 "Life is the dead postponed": diamonds are "not" forever	55
2.7 Open vragen over ons universum die we wellicht de binnen de eerste honderd jaar nog niet ten volle zullen kunnen oplossen	55
HST. 3: DE OPEN VRAGEN M.B.T. DE KOSMOS	60
3.1 Hoever kunnen we kijken in het heelal?	60
3.1.1 Onze afstandsladder	60
3.1.2 Hoever zien we als we naar de hemel kijken?	62
3.1.3 Hoever zien we met de Hubble-ruimtetelescoop?	65
3.1.4 En mochten we in andere golflengtes kunnen "zien" buiten het zichtbare spectrum?	66
3.1.5 Het waarneembaar universum	66
3.1.6 Wat belemmert ons zicht aan de hemel?	67
3.2 Bestaat er leven op andere planeten?	69
3.3 Wat gebeurde de eerste seconde van het universum?	70
3.4 Wat is donkere energie, wat veroorzaakt de expansie van het universum?	72
3.5 Wat is en waaruit is donkere materie "dark matter" gemaakt?	72
3.6 Waar is al de antimaterie gebleven?	74
3.7 Zullen we ooit weten wat zwaartekracht werkelijk is?	74
3.8 Hoe groot is het universum, wat ligt er achter deze waarnemingshorizon, wordt de	

ruimte onzichtbaar en zal het ooit ophouden te bestaan?	77
3.8.1 Is de ruimte, het universum oneindig groot?	77
3.8.2 Vanwaar komt de inflatietheorie in het prille universum?	81
3.8.3 Zal het universum dan ooit ophouden te bestaan?	82
3.8.4 Wordt het universum in de verre toekomst onzichtbaar?	84
3.8.5 Wat ligt er achter de waarnemingshorizon van 92 miljard lichtjaar?	84
3.8.6 Wat betekent de vele-werelden interpretatie?	85
3.9 Wat speelt er zich af binnenin een black hole (BH)?	88
3.10 Wat was er eerst: een galaxie of een black hole?	89
3.11 Wat veroorzaakt die ultrasnelle radio uitbarstingen, de FRB, "Fast Radio Burst"?	90
3.12 Is tijdreizen mogelijk en in welke richting?	91
3.13 Zijn er elf dimensies van ruimte en tijd?	92
3.14 Waarom flipt het magnetisch veld van de zon om de 11 jaar?	93
HST. 4: OPEN VRAGEN IN DE QUANTUMFYSICA	94
4.1 Quantumfysica: het on(be)grijpbare dubbelspleet experiment van Young (1801)	94
4.2 Quantumfysica: de spookachtige werking op afstand en de verstrengeling van materie!	96
4.3 Andere quantumfysica begrippen die belangrijk zijn voor de kosmologie	97
4.3.1 Quantum-energie: "nul" energie bestaat niet.	97
4.3.2 De maximale snelheid c van deeltjes	98
4.3.3 Streepjescode of spectrum	98
4.3.4 Het Pauli-verbod	98
4.3.5 De onzekerheidsrelatie van Heisenberg	98
4.3.6 Superpositie	99
4.3.7 Het complementariteitsprincipe	99
4.3.8 Belang voor de kosmologie	99
HST. 5: IS LEVEN OP ANDERE PLANETEN MOGELIJK ZONDER ZUURSTOF?	99
5.1.1 Micro-organismen	100
5.1.2 Onderzoek naar enkele andere levensvormen zonder zuurstof	101
DEEL II: KOSMOLOGIE, EEN REIS NAAR HET BEGIN DER TIJDEN	103
HST. 6: HUBBLES VERHAAL, 30 JAAR KOSMOLOGISCHE STUDIE	103
6.1 Voorbeschouwing kosmologie	103
6.2 In het begin was er "niets" of toch?	103
6.3 De verste melkwegstelsels ooit gemeten, de GN-z11 galaxie	105
6.3.1 Sterrenstelsel GN-z11	105
6.4 De komst van de James Webb-ruimtetelescoop in 2021?	109
6.5 "In welk soort universum leven wij: vanwaar komen wij en waar gaan we heen?"	110
6.5.1 Hoe komt het dat er "iets" is in ons universum in plaats van "niets"?	111
6.5.2 Einsteins twijfels en blunder over de kosmologische constante Λ	112
6.6 Eerste bewijs van de expanderende ruimte, de heilige graal van de kosmologie!	115
6.6.1 De Belg Georges Lemaître en de Amerikaan Edwin Hubble	115
6.6.2 Verdediging van de BigBang door de Belg Professor priester Lemaître tegenover Paus Pius XII	117
6.6.3 Hoe weten we dat het universum uitdijt: de roodverschuiving	118
6.6.4 Hoe kennen we de afstand van deze zeer verre galaxies?	119
6.7 Supernovae type 1A en de Hubbleconstante H	121
6.8 De geometrie van het universum	122
6.8.1 Leven wij in een plat of vlak universum?	122
6.8.2 Er zijn drie mogelijkheden.	122
6.8.3 De massa van de Melkweg of een andere galaxie wegen	123
6.9 Dark matter, donkere materie	128
6.9.1 Kunnen we deze donkere massa nog op een andere manier waarnemen?	130
6.9.2 Een meetbaar experiment?	130
6.10 De CMB, kosmische microgolf achtergrondstraling	131

6.11	Zwaartekrachtgolven	133
6.11.1	VIRGO en LIGO-meetapparatuur registreren gravitatiegolven, 2017	134
6.11.2	De schokgolf: een ontzettend onvoorstelbaar grote energie	136
6.12	Een plat universum: $\Omega_{massa} = 0,30$	138
6.12.1	De Ω -component van energie en straling?	139
6.12.2	Metingen van de CMB (Cosmic Microwave Background radiation)	140
6.12.3	Het Boomerang-experiment bewijst een vlak universum	141
6.12.4	Conclusie: we leven in een vlak 4-dimensionaal universum	143
6.13	De energie van het "niets", van het "vacuüm", van de "ledige ruimte"	144
6.13.1	Virtuele deeltjes en het probleem van de "kosmologische constante"	145
6.14	Wat is de toekomst van het universum en hoe zal het eindigen?	150
DEEL III: KOSMOLOGIE ALS EXACTE WETENSCHAP		152
HST. 7: WAAROM IS ER IETS IN PLAATS VAN NIETS, RECENT ONDERZOEK		152
7.1	De BigBang, waarom er "iets" is in plaats van "niets"	152
7.1.1	Waarom zijn neutrino's zo belangrijk?	152
7.1.2	In een perfect universum zouden we niet eens bestaan!	154
7.1.3	De natuur is in zekere zin linkshandig	155
7.2	Drie generaties neutrino's	156
7.3	Het vervolgonderzoek DUNE	158
HST. 8: DE FALSIFIEERBAARHEID VAN DE BIG BANG		159
8.1	De zwaartekrachtgolven van de oerknal zelf: BICEP2	159
8.1.1	Van gammastraling uitgerokken tot microgolven	160
8.1.2	Heeft sterrenstof de waarnemingen beïnvloed? Verder onderzoek nodig voor de zwaartekrachtgolven van de oerknal	161
8.1.3	Eerste waarneming van andere zwaartekrachtgolven in 2015	161
8.2	Kunnen we de inflatie "bewijzen" en is het falsifieerbaar?	162
8.2.1	Inflatie veroorzaakt quantumfluctuatiever schillen in het prille universum	164
8.2.2	Inflatie veroorzaakt dichtheidsverschillen in de Einstein-de Sitter-ruimte	165
8.2.3	Inflatie veroorzaakt naast dichtheidsverschillen ook gravitatiegolven in de Einstein-de Sitter-ruimte	167
8.2.4	Kunnen we deze zwaartekrachtgolven van de BigBang dan ook bewijzen?	168
8.2.5	Wat zijn de mogelijke inflatie signalen die we moeten zien en meten?	169
8.2.6	Besluit: inflatie is niet falsifieerbaar?	174
8.3	Donkere energie: is de kosmologische constante Λ falsifieerbaar?	175
8.4	Quantumgravitatie, is zwaartekracht een quantum-theorie	177
8.4.1	Diamonds are not forever: protonverval	178
8.4.2	Super-symmetrische deeltjes	179
8.4.3	Multiversa	180
8.4.4	Besluit	181
8.5	Zijn we aan het einde van de falsifieerbaarheid van deze wetenschap?	182
8.5.1	Niets #1 = te onstabiel om "iets" te vormen	182
8.5.2	Niets #2: Virtuele universa en quantumfluctuaties	183
8.5.3	Niets #3: Zelfs de fysicawetten zijn wellicht ontstaan bij toeval	184
8.5.4	Het antropisch principe is plausibel, maar het heeft fundamentele problemen	190
8.5.5	Niets #4: de toekomst, het "niets" stevent op ons af en is bar slecht!	191
8.6	Van een statisch naar een versneld expanderend universum en terug naar niets!	193
8.7	Falsifieerbare wetenschap nu, in het verleden en in de verre toekomst	195
8.8	De toekomst van het universum is tweeledig en ellendig	195
8.9	Einsteins "grote verwondering"	197
8.10	Darwin en de natuurlijke selectie in de kosmos	199
HST. 9: Darwins boek: "The origin of species"		200

Eindconclusie: het wonderlijke landschap van het toekomstige “niets”	208
DE WISKUNDIGE BASIS EN DE FUNDAMENTEN VAN DE KOSMOLOGIE	209
HST. 10: DE (LAATSTE) ERFENIS VAN EINSTEIN	209
Inleiding: van Newton naar Einstein	209
10.1 Einsteins nachtmerrie: quantumfysica en kosmo-logie	213
10.2 Einstein-gravitatielenzen en donkere materie	216
HST. 11: EINSTEIN EN DE BEGINSELEN VAN DE ALGEMENE RELATIVITEITSTHEORIE	228
Inleiding	228
11.1 Vertrekbasis: de lift van Einstein en de lichtsnelheid	231
11.1.1 Verband tussen het stilstaand frame (z,t) en het bewegend frame (z',t) aan een eenparige snelheid v	232
11.1.2 Verband tussen (z,t) en (z',t) ingeval van eenparige versnelde beweging g (= constant, bv. aardversnelling op aarde)	233
11.1.3 Wat is de invloed van zwaartekracht op het licht?	235
11.1.4 Zwaartekrachtvelden en getijdenkrachten	235
11.1.5 Lineaire en niet lineaire (of gekromde) transformatie systemen	236
11.2 De geometrie of de meetkunde van de ruimte	237
11.2.1 De invariante eigenafstand ds^2 in de SRT	237
11.2.2 De metriek of de geometrische tensor	238
11.2.3 Wanneer is een oppervlak “plat” of “vlak”?	241
11.3 Differentiële geometrie en coördinaten transformatie van vectoren en tensoren	242
11.3.1 Tensors met één index, covariante en contravariante vectoren	242
11.3.2 De getransformeerde contravariante vector (V') \mathbf{m}	244
11.3.3 De Gradient ∇S is een vector afgeleid van een scalaire functie S	244
11.3.4 De getransformeerde covariante vector ($W'\mathbf{m}$) v.e. gradient S	244
11.3.5 Geometrische betekenis van de geometrische tensor en van de contra- en covariante componenten van vectoren	246
11.3.6 Transformatie van tensoren met meer dan 1 index	248
11.3.7 Transformatie van de metriek en is dit een tensor?	248
11.3.8 Transformaties van willekeurige tensoren?	249
11.4 Bewerkingen met tensoren	250
11.4.1 Basiseigenschappen van tensoren transformaties	250
11.4.2 Operaties op tensoren tot nieuwe tensoren	251
11.4.3 De metriektensor $R_{gmn}(x) \rightarrow$ lengte van een vector	252
11.5 De Riemann-geometrie	254
11.5.1 Wanneer is een zekere ruimtelijke geometrie vlak?	254
11.5.2 De oplossing: zoek de Riemann- of krommingstensor Rjkl in de geometrie	254
11.5.3 De tweede (covariante) afgeleide van een tensor (vector)	260
11.5.4 Wat betekent fysisch deze Riemann-krommingstensor?	262
11.5.5 Besluit: overgang naar de Einstein-tensor $G_{\mu\nu}$	263
HST. 12: DE BEGINSELEN VAN HET STANDAARDMODEL VAN DE OERKNAL-KOSMOLOGIE	265
12.1 Het kosmologisch principe: een isotropisch en homogeen universum	265
12.2 Het kosmologisch principe: isotroop en homogeen	266
12.3 De wet van Hubble-Lemaître (1927-1929): de Hubble-flow	268
12.4 Exacte bepaling van de Hubbleconstante: irrelevant!	271
12.5 De leeftijd van het universum	272
12.6 De BigBang-theorie	273
12.7 Het universum niet in een vast maar in een versneld uitdijend volume	274
12.8 Kosmische afstand in een expanderend universum	276
12.8.1 We bestuderen eerst een analogie: de racewagen op een F1-circuit.	276
12.8.2 Veertien miljard lichtjaar is de maximale zichtbare ruimtethorizon.	280
12.9 Het Newton “Shell Theorema” en waarom hebben we dit nodig?	281
12.10 De ontsnappingsnelheid op het oppervlak van een planeet	285
HST. 13: NEWTON-FRIEDMANN KOSMOLOGIE	286

13.1	De Newton-Friedmann-vergelijking	286
13.2	De Hubbleconstante H is niet constant!	290
13.3	De studie van de kosmische schaalfactor “ $a(t)$ ”	290
13.4	De Newton-Friedmann in functie van de inhoud van het universum	293
13.4.1	Newtoniaanse MATERIE-overheersing (ρ)	293
13.4.2	Newtoniaanse STRALINGS-overheersing van het universum	296
13.4.3	Het vroege universum, overgang van een stralings- naar materie- gedomineerd Newton-universum wanneer $a \ll 1$	298
HST. 14:	HET EINSTEIN-FRIEDMANN-MODEL	299
14.1	De Einstein-Friedmann-vergelijkingen voor de gekromde ruimte	301
14.2	De toestandsvergelijking – “the Equation of State”	303
14.3	De geschiedenis van de schaalfactor $a(t)$ i.f.v. de samenstelling van het universum. HET EINSTEIN-de SITTER-UNIVERSUM	304
14.4	De kritische dichtheid ϵ en ρ (definitie)	305
14.5	De dichtheidsparameter Ω (omega)	305
HST. 15:	DE ROODVERSCHUIVING VOOR HET VLAKKE EINSTEIN-DE SITTER- UNI-VERSUM	306
HST. 16:	STERRENSTELSLS TELLEN: IN WELK SOORT UNIVERSUM LEVEN WIJ?	310
HST. 17:	DE BIGBANG VERSUS DE STEADY STATE KOSMOLOGIE	313
HST. 18:	DE FUNDAMENTEN: HET BIGBANG ΛCDM MODEL	315
18.1	De ontdekking van Cosmic Microwave Background (CMB)	317
18.1.1	Van plasma tot de lichtste atomen, de recombinitie	318
18.1.2	De ont koppeling leidt tot licht	319
18.1.3	Het oppervlak van laatste verstrooiing	320
18.1.4	De CMB-straling	323
18.2	“Cosmic caustics”	326
18.3	Koude donkere materie	329
18.4	Het Casimir-effect	330
18.5	Donkere energie (dark energy)	332
18.6	Versnelde expansie in supernovae	333
18.7	Het huidige Λ CDM-benchmark model	336
18.7.1	Het nucleosynthese tijdperk	338
18.7.2	De neutrino ont koppeling	341
18.7.3	Nucleosynthese	343
18.7.4	Baryogenesis	346
18.7.5	Kosmische inflatie en Alain Guth	348
18.8	De kosmische tijdslijn	353
18.9	De toekomstige puzzel van de kosmologie	355
18.10	De LCMD BENCHMARK TIJDSLIIJN met inflatie	357
DEEL IV:	DE KOSMOS BESCHREVEN	358
HST. 19:	ASTROFOTOGRAFIE	358
HST. 20:	DE AFSTANDSLADDER	361
20.1	De eerste sterren-parallax	361
20.2	De sterrenmassa en binaire sterren	363
20.3	De beweging van nabije sterren meten	364
20.4	Satellieten en metingen van sterren	365
20.4.1	Hipparcos, de Europese ruimtesatelliet meet tot 650 lj ver	365
20.4.2	GAIA, de Europese Space Agency missie: 3D-map	365
20.4.3	Vergelijking (*) tussen Hipparchos (1889-1993) en Gaia (2013- ...)	366
20.5	Schijnbare en intrinsieke helderheid en afstand (<i>brightness and luninosity</i>)	367
20.6	Het Hertzsprung-Russell-diagram of de spectroscopische parallax	369
20.6.1	Het lichtspectrum en de temperatuur	370
20.6.2	Het Hertzsprung–Russell (H-R)-diagram of spectroscopische parallax	372
20.7	Standaardkaarsen of “Standard candles”	377
20.8	Afstandsmeting bij Planetaire Nebulae	383
20.8.1	Expansieparallax	383

20.8.2	Het Doppler-effect	383
20.9	De wet van Hubble en afstandsmetingen	384
HST. 21: HET ZONNESTELSEL		387
Inleiding		387
21.1	De andere planeten in ons zonnestelsel	389
21.2	Dwergplaneten	390
21.3	Asteroiden	391
21.4	De Lagrange-punten	392
21.5	De zon	392
21.6	De lichtsnelheid, gemeten in 1678 en 1849	394
21.7	De afstandsladder	395
HST. 22: DICHTBIJE STERREN		396
Inleiding		396
22.1	Onze dichtst bij gelegen sterren tot 25 à 50 lj ver	396
22.2	Sterren tot 600 lichtjaar van de zon: Hipparchos	401
22.3	Sterren in de Melkweg tot 65.000 lj, GAIA	403
HST. 23: VERDER AFGELEGEN STERREN IN DE MELKWEГ		405
23.1	Wat hebben we nu gezien met HIPPARCHUS en GAIA?	406
23.2	Afstand van sterren bepaald met het H-R (Hertzsprung-Russell)-diagram	406
HST. 24: PLANETAIRE NEVELS		407
Inleiding: het levenseinde van een ster		407
24.1	Enkele planetaire nevels	408
24.2	Is er een besluit voor onze zon	419
24.3	De "expansieparallax" afstandsladder	419
HST. 25: SUPERNOVAE (SN)		419
25.1	Supernova(e)	419
25.2	soorten supernovae: type Ia en de andere (type II, IIb, Ic)	422
25.3	Supernovae vinden	427
25.4	Magnetars	428
HST. 26: STERRENCLUSTERS		429
26.1	Open clusters	429
26.2	Bolvormige sterrenhopen	432
26.3	De afstandsladder	434
HST. 27: STERREN EN GEBOORTENEVELS		434
Inleiding		435
27.1	HII-regio's	435
27.1.1	De reflectienevel	435
27.1.2	De emissienevel	436
27.1.3	De donkere nevel	437
27.1.4	Alle drie neveltypes in één nevel	438
27.2	De afstandsladder	450
HST. 28: Onze eigen galaxie, de Melkweg		450
Inleiding		450
28.1	Kort overzicht van ons melkwegstelsel	451
28.1.1	Het centrum van de Melkweg- 26.000 lichtjaar ver	452
28.1.2	Black holes of zwarte gaten in ons Melkwegstelsel	453
28.1.3	De galactische schijf van de Melkweg	453
28.2	Onze fysische plaats in de Melkweg	455
28.2.1	Ons zicht naar het centrum is belemmerd	456
28.2.2	De zonnebeweging	457
28.2.3	Het ecliptische vlak van ons zonnestelsel	457
28.2.4	Het stof in de Melkweg	458
28.3	De Beweging van de sterren rond het galactische centrum	459
28.3.1	De kinematische afstand	459
28.3.2	De melkwegrotatiecurve en dark matter	460
28.3.3	Shapley's bolvormige clustermap	461
28.3.4	De Melkweg-Halo of -Corona	461

28.4	Totale massa van de Melkweg	463
28.5	Hoe kunnen we nu een buitenzicht van onze Melkweg van binnenuit fotograferen?	463
	28.5.1 Foto van de hele Melkweg van binnenuit	463
	28.5.2 Foto van de hele Melkweg vanuit een extern punt	464
28.6	Deze afstandsladder voerde ons helemaal door de Melkweg	465
	HST. 29: ANDROMEDA EN DE LOKALE GROEP	466
	Inleiding	466
29.1	Andromeda of Messier 31 – 2,65 lj – 770 kpc	467
29.2	Onze lokale groep	469
	29.2.1 Triangulum galaxie of Messier 33 – 2,85 lj	469
	29.2.2 NGC 6822 – 1,6 mln. lj	470
	29.2.3 IC 10 – 2,2 mln. lj	470
	29.2.4 NGC 3109 – 4,3 mln. lj	471
29.3	Dwerggalaxies rond de Melkweg	471
29.4	Grote (LMC) en kleine (SMC) Maghelhaense Wolken	472
	29.4.1 Andere nebula in de Large Magellanic Cloud – 170.000 lj	472
	29.4.2 Kleine Magelhaense Cloud (SMC) – 205K lj	475
	29.4.3 Map van de lokale groep	476
	HST. 30: HET LOKALE VOLUME (< 36 mln. lj)	476
	Inleiding	476
30.1	Enkele bijzondere galaxies	477
	HST. 31: GALAXIECLASSIFICATIES	487
31.1	Hubbles stenvork	487
31.2	De afstandsladder	488
	HST. 32: VIRGO-SUPERCLUSTER – 110 MLN. lj	489
	Inleiding	489
32.1	Sterrenstelsels in de Virgo-supercluster	490
32.2	De afstandsladder	502
	HST. 33: LOKALE SUPERCLUSTERS (SC)	503
	Inleiding	503
33.1	Enkele locale superclusters	504
	33.1.1 De Hydra-supercluster - 150 à 200 mln. lj	504
	33.1.2 Centaurus Supercluster – 150 à 200 mln. lj	505
	33.1.3 Perseus-Pisces Supercluster – 250 mln. lj – 76,7 Mpc	507
	33.1.4 Coma-Supercluster– 300 mln. lj – 92 Mpc	508
	33.1.5 Enkele afstanden van superclusters	510
	33.1.6 The Great Attractor	510
	33.1.7 ESO 510-G13 - 150 mln. lj	511
	33.1.8 NGC 6782 – 183 mln. lj	512
	33.1.9 ESO 243-49 HLX-1 – 290 mln. lj	513
	33.1.10 Stephan's Quintet – 290 mln. lj	513
	33.1.11 NGC 1410 & NGC 1409 – 300 mln. lj	514
	33.1.12 Arp 274 of NGC 5679 – 400 mln. lj	515
	33.1.13 Abell S0740 – 450 mln. lj – een Einstein-ring.	515
	33.1.14 Hoag's Object – 600 mln. lj	516
	33.1.15 Slotbeschouwing lokale superclusters.	517
	HST. 34: OP ELKAAR INWERKENDE GALAXIES	518
34.1	Enkele interactieve sterrenstelsels	518
34.2	De evolutie van het botsingsproces	528
34.3	Samensmelting van Andromeda en de Melkweg	531
	HST. 35: BLACK HOLES - ZWARTE GATEN	531
35.1	Basisformule voor zwarte gaten	531
35.2	Het zwart gat Sag-A-* en de ster S2 in het centrum van de Melkweg.	533
35.3	Massa kromt de ruimtetijd (Einstein)	537
35.4	Ontstaan van witte dwergen, neutronen- & quarksterren en Black Holes	538
	35.4.1 De algemene Schwarzschild-straal voor spinnende Black Holes	539

35.4.2	De fotonsfeer	540
35.4.3	De ergosfeer of de fotonsfeer bij draaiende Black Holes	541
35.4.4	De binnenste stabiele cirkelbaan (ISCO)	542
35.5	Soorten Black Holes	542
35.5.1	Over de black-hole Sagitarius A* (Sag-A*) in de Melkweg	543
35.5.2	Een ander dichtbij massief zwart gat MAXI J1820+070 op ~10,000 lj ontdekt op maart 2018	544
35.6	Besluit over zwarte gaten	545
HST. 36:	ZWAARTEKRACHTGOLVEN (GW)	546
	Inleiding	546
36.1	GravitatiEGolven (GW)	546
36.2	LIGO	555
HST. 37:	DE SPECIALE EFFECTEN VAN DE AR	559
37.1	De belangrijkste natuurkundige fenomenen die Einstein kon bewijzen met zijn AR	560
37.1.1	De AR berekent exact Mercurys precessie φ	560
37.1.2	De buiging van het licht bij grote massa's	561
37.1.3	Gravitatielensen	561
37.1.4	De lichtkegel verschuiving uit de SRT	562
37.1.5	Tijdsdilatatie door zwaartekracht	563
37.1.6	Effect op ons gps-systeem	565
37.1.7	Tijdsdilatatie en het zwaartekracht-redshift-experiment	565
37.2	Ruimtetijdrotatie of "frame dragging"	566
37.3	Black holes	567
HST. 38:	DE REST VAN DE KOSMOS	567
38.1	2029 – 1.027 mln. lj - 315 Mpc	568
38.2	IC 1011 – 1.000 mln. lj	568
38.3	Quasar Markarian 205 – 1.100 mln. lj	569
38.4	RCS2 032727-132623 – 10.000 mln. lj & RCSGA 032727-132609 – 5.000 mln. lj	570
38.5	MACS J0025.4–1222 – 2.000 mln. lj	570
38.6	Abell 370 – 5.755 mln. lj - 4,775 Glj	571
38.7	El Gordo, ACT-CL J0102-4915 of SPT-CL J0102-4915 - 7.000 mln. lj	572
38.8	SN2002dd – 8.000 mln. lj	572
38.9	Hubble Deep Field (HDF) en Hubble Ultra Deep Field (HUDF)	573
38.10	De Hubble-parameter en de BigBang	574
38.11	Het uitrekken van ruimte	575
38.12	Dark Energy of donkere energie, de versnelde uitdijning van het universum	575
38.13	Het weefsel van het heelal – "The 2dF-Galaxy Redshift Survey" en de "the Sloan Digital Sky Survey" (SDSS map)	576
38.14	Samenvatting van onze afstandsladder in vorige hoofdstukken	578
38.15	Even een sluier over wat we nog niet weten...	579
38.16	De James Webb Space Telescope, 2021 - ?	580
HST. 39:	MIJN FAVORIETE BEELDEN	581
39.1	Cluster MACS J1149.5+2223 en MACS1149-JD1	581
39.2	Hubble eXtreme Deep Field (HXDF)-afbeelding.	582
39.3	De Pilaren der Creatie (Adelaarsnevel)	583
39.4	M87: het eerste gefotografeerde Black Hole (2019)	584
39.5	De Helix Nebulae supernova of het oog van God.	585
39.6	Galaxie GN-z11, het verste sterrenstelsel	586
39.7	De Centaurus-A of NGC-5128 of Caldwell 77 galaxie.	587
39.8	De Aarde gezien vanuit de ruimte, foto's NASA	589
DEEL V:	KOSMOLOGIE, WETENSCHAP, SPIRI-TUALITEIT EN RELIGIE	590
HST. 40:	RELIGIE EN WETENSCHAP: HOE KOMT HET DAT ER "IETS" IS IN DE PLAATS VAN "NIETS"	590
HST. 41:	IS GOD A MATHEMATICIAN	596
HST. 42:	"THE GOD DELUSION" OF "GOD ALS MISVATTING", EEN PLEIDOOI	

	VOOR DE WETENSCHAP	619
HST. 43:	ER IS GEEN DESIGN, NOCH IS ER FINETUNING, MAAR EEN UNIVERSUM UIT HET NIETS	622
DEEL VI:	BIJLAGEN	631
HST. 44:	OVERZICHT VAN DE GROOTSTE TELESCOPEN TER WERELD	631
44.1	Lijst van grootste optische telescopen (Wikipedia)	632
44.2	Grote geplande telescopen of in aanbouw	632
44.3	Lijst van de grootste telescopen	633
44.4	Huidige ruimtetelescopen en hun golfbereik	633
44.5	De grootste optische telescoop (2020)	634
44.6	De Hubble-telescoop (HST) gaat straks misschien al met pensioen	635
44.7	De James Webb Space telescoop (JWST), <i>lancering maart 2021 (?)</i>	636
HST. 45:	NASA EN ESA'S RUIMTEMISSIES EN HUN SPIN-OFF'S	638
HST. 46:	BELANGRIJKSTE GERAADPLEEGDE UNIVERSITAIRE BRONNEN.	646
HST. 47:	APPENDIX KOSMOLOGIE	652
47.1	De vergelijkingen die de wereld hebben veranderd	652
47.2	De kosmologische parameters, WAP	653
47.3	Waarom alles ijzer wordt: "Diamonds are not forever"	653
47.4	Elektromagnetische straling	654
	BRONNEN	655
	INDEX	663
	EERSTE RECENSIES	666
	ZEGSWIJZEN VAN WETENSCHAPPERS	669