

1

00:00:05,240 --> 00:00:08,840

Viemällä näköaistimme kauas esi-isiemme mielikuvituksen ulkopuolelle,

2

00:00:08,920 --> 00:00:13,200

nämä ihmeelliset instrumentit, kaukoputket,  
avaavat tien yhä syvempään

3

00:00:13,280 --> 00:00:17,240

ja täydellisempään luonnon ymmärtämiseen.  
- René Descartes, 1637

4

00:00:17,760 --> 00:00:22,560

Vuosituhansia ihmiskunta katseli  
lumoavaa yötaivasta

5

00:00:22,640 --> 00:00:28,320

ymmärtämättä, että Linnunradan tähdet  
olivat toisia aurinkoja

6

00:00:28,400 --> 00:00:33,400

ja että universumi muodostuu  
miljardeista Linnunradan sisargalakseista

7

00:00:35,440 --> 00:00:38,800

ja että me olemme  
pelkkä pilkku universumin

8

00:00:38,880 --> 00:00:42,520

13,7 miljardia vuotta pitkässä tarinassa.

9

00:00:42,600 --> 00:00:46,080

Paljain silmin meillä ei ollut  
mitään mahdollisuutta

10

00:00:46,160 --> 00:00:50,120

löytää aurinkokuntia muiden tähtien ympäriltä,  
eikä selvittää

11

00:00:50,200 --> 00:00:55,000

onko muualla universumissa elämää.

12

00:00:58,080 --> 00:01:00,320

Tätä nykyä olemme  
paljastamassa monia

13

00:01:00,400 --> 00:01:03,560

universumin mysteereistä. Elämme  
ehkä tähtitieteellisten keksintöjen

14

00:01:03,640 --> 00:01:05,960  
kannalta ainutlaatuista aikaa.

15  
00:01:05,960 --> 00:01:08,960  
Olen tohtori J ja johdatan  
sinut kaukoputken saloihin -

16  
00:01:09,040 --> 00:01:11,880  
sen hämmästyttävän laitteen,  
joka osoittautui ihmiskunnan

17  
00:01:11,960 --> 00:01:15,520  
portiksi universumiin.

18  
00:01:17,960 --> 00:01:21,880  
KATSE TAIIVAALLE  
400 vuotta kaukoputken historiaa

19  
00:01:22,200 --> 00:01:26,960  
1. Uusi näkymä taivaalle

20  
00:01:28,960 --> 00:01:32,120  
Neljä vuosisataa sitten, vuonna 1609,  
mies käveli ulos

21  
00:01:32,240 --> 00:01:34,640  
kotinsa lähelle olevalle pellolle.

22  
00:01:34,720 --> 00:01:39,000  
Hän suuntasi kotitekoisen kaukoputkensa  
Kuuun, planeettoihin ja tähtiin.

23  
00:01:39,080 --> 00:01:42,600  
Hänen nimensä oli Galileo Galilei.

24  
00:01:44,040 --> 00:01:47,280  
Tähtitiede oli  
muuttunut lopullisesti.

25  
00:02:07,440 --> 00:02:12,400  
Nyt, 400 vuotta sen jälkeen, kun Galilei  
suuntasi kaukoputkensa taivaalle

26  
00:02:12,640 --> 00:02:18,280  
astronomit käyttävät karuilla  
vuorilla olevia suuria peilejä taivaiden tarkkailuun.

27  
00:02:18,360 --> 00:02:23,520  
Radiokaukoputket keräävät ulkoavaruuden  
heikkoa kuiskintaa.

28

00:02:23,600 --> 00:02:27,680  
Tutkijat ovat jopa laukaisseet  
kaukoputkia avaruuteen

29

00:02:27,760 --> 00:02:31,960  
korkealle ilmakehän häiritsevän  
vaikutuksen yläpuolelle.

30

00:02:33,440 --> 00:02:38,680  
Ja näkymä on  
henkeäsalpaava!

31

00:02:42,960 --> 00:02:46,640  
Galilei ei kuitenkaan  
keksinyt kaukoputkea.

32

00:02:46,720 --> 00:02:49,760  
Keksijän kunnian saa Hans Lipperhey,  
hieman hämäräperäinen

33

00:02:49,840 --> 00:02:53,400  
hollantilais-saksalainen silmälasien tekijä.

34

00:02:53,520 --> 00:02:57,880  
Mutta Hans Lipperhey ei käyttänyt  
kaukoputkeaan tähtien katseluun.

35

00:02:57,960 --> 00:03:00,840  
Hän arveli, että hänen uusi  
keksintönsä hyödyntäisi pääasiassa

36

00:03:00,920 --> 00:03:03,640  
merenkulkijoita ja sotilaita.

37

00:03:03,800 --> 00:03:07,240  
Lipperhey oli Middelburgista, joka  
oli tuolloin suuri kauppakaupunki

38

00:03:07,320 --> 00:03:10,440  
kasvavassa Hollannin tasavallassa.

39

00:03:13,960 --> 00:03:18,040  
Vuonna 1608 Lipperhey huomasi, että  
kuperan ja koveran linssin läpi näkyvä

40

00:03:18,120 --> 00:03:24,000  
kaukainen kohde suureni, jos

41

00:03:24,080 --> 00:03:29,640  
linssit olivat juuri oikealla etäisyydellä tosistaan.

42  
00:03:29,720 --> 00:03:33,800  
Kaukoputki oli syntynyt!

43  
00:03:33,880 --> 00:03:37,520  
Syyskuussa 1608, Lipperhey  
esitteli uutta keksintöään

44  
00:03:37,600 --> 00:03:39,880  
Hollanin prinssi Mauritsille.

45  
00:03:39,960 --> 00:03:42,840  
Hän ei olisi voinut valita  
suotuisampaa hetkeä, sillä

46  
00:03:42,920 --> 00:03:45,880  
Hollanti oli silloin  
sekautunut

47  
00:03:45,960 --> 00:03:49,320  
80-vuotiseen sotaan Espanjaa vastaan.

48  
00:03:55,320 --> 00:03:59,080  
Uusi vakoilulasi suurensi  
kohteita ja paljastaisi

49  
00:03:59,160 --> 00:04:02,280  
vihollisen laivat ja joukot,  
jotka olivat liian kaukana näkyäkseen

50  
00:04:02,360 --> 00:04:04,360  
paljain silmin.

51  
00:04:04,440 --> 00:04:07,440  
Todella hyödyllinen keksintö!

52  
00:04:07,560 --> 00:04:12,000  
Mutta Hollannin hallitus ei koskaan myöntänyt  
Lipperheylle kaukoputken patenttia.

53  
00:04:12,080 --> 00:04:15,400  
Syy oli se, että muutkin  
väittivät keksineensä kaukoputken

54  
00:04:15,520 --> 00:04:19,200  
erityisesti Lipperheyn kilpailija  
Sacharias Janssen.

55

00:04:19,280 --> 00:04:21,520

Kiista ei koskaan ratkennut.

56

00:04:21,600 --> 00:04:27,920

Vielä tänä päivänäkin kaukoputken todellinen alkuperä on hämärän peitossa.

57

00:04:28,920 --> 00:04:32,720

Italialainen tähtitieteilijä Galileo Galilei, modernin fysiikan isä

58

00:04:32,800 --> 00:04:37,640

kuuli kaukoputkesta ja päätti rakentaa sellaisen itselleen.

59

00:04:38,320 --> 00:04:42,360

Kymmenisen kuukautta sitten korviini kantautui tieto, että eräs

60

00:04:42,440 --> 00:04:48,200

Fleming on rakentanut vakoilulasin, jolla näköpiirissä olevat

61

00:04:48,280 --> 00:04:52,960

joskin erittäin kaukana havaitsijan silmistä olevat kohteet erottuivat

62

00:04:53,040 --> 00:04:56,120

yhtä hyvin kuin läheltä katsottaessa.

63

00:04:56,520 --> 00:04:59,440

Galileo oli aikansa suurin tutkija.

64

00:04:59,560 --> 00:05:02,600

Hän oli myös puolalaisen astronomin Nikolaus Kopernikuksen uuden

65

00:05:02,680 --> 00:05:06,160

maailmankuvan vankka kannattaja. Kopernikus ehdotti, että

66

00:05:06,240 --> 00:05:10,440

Maa kiertää Aurinkoa, eikä päinvastoin.

67

00:05:11,560 --> 00:05:14,240

Sen perusteella, mitä Galilei oli kuullut hollantilaisesta kaukoputkesta, hän

68

00:05:14,320 --> 00:05:16,600

rakensii omia  
laitteita.

69

00:05:16,680 --> 00:05:19,160

Ne olivat laadultaan paljon esikuviaan parempia.

70

00:05:20,560 --> 00:05:25,320

Lopulta, rahaa ja vaivaa säästämättä,  
onnistuin

71

00:05:25,400 --> 00:05:29,680

rakentamaan itselleni niin  
erinomaisen laitteen, että

72

00:05:29,760 --> 00:05:33,920

sillä tarkastellut kohteet  
näyttivät lähes tuhat

73

00:05:33,960 --> 00:05:38,840

kertaa suuremmilta kuin  
luonnollista näkökykyämme käyttäen.

74

00:05:39,720 --> 00:05:43,640

Hänen oli aika suunnata  
kaukoputkensa taivaalle.

75

00:05:45,920 --> 00:05:49,680

Olen päätynyt siihen  
lopputulokseen, että Kuun pinta

76

00:05:49,800 --> 00:05:53,520

ei ole sileä,  
tasainen, eikä täsmällisen pallomainen

77

00:05:53,760 --> 00:05:57,440

kuten useat  
filosofit uskovat sen olevan

78

00:05:57,560 --> 00:06:01,720

vaan epätasainen, karkea ja täynnä  
onkaloja ja kohoamia.

79

00:06:01,800 --> 00:06:06,240

Se ei juuri eroa  
Maan pinnasta.

80

00:06:11,640 --> 00:06:15,320

Kraatterien, vuoristojen  
ja laaksojen maisema.

81

00:06:15,400 --> 00:06:18,320

Tutun kaltainen maailma!

82

00:06:19,600 --> 00:06:24,040

Mutamaa viikkoa myöhemmin, tammikuussa  
1610, Galilei katsoi Jupiteria.

83

00:06:24,120 --> 00:06:28,600

Hän näki lähellä planeettaa neljä  
valopistettä, joiden paikka

84

00:06:28,720 --> 00:06:32,960

Jupiterin kyljessä muuttui  
yöstä yöhön.

85

00:06:33,040 --> 00:06:37,920

Niiden liike oli kuin planeettaa kiertävien  
satelliittien hidas baletti.

86

00:06:37,960 --> 00:06:40,760

Nämä neljä valopistettä  
tunnetaan nykyään

87

00:06:40,840 --> 00:06:43,600

Jupiterin galileilaisina kuina.

88

00:06:43,720 --> 00:06:46,240

Mitä muuta Galilei löysi?

89

00:06:46,320 --> 00:06:48,400

Venuksen vaiheet!

90

00:06:48,560 --> 00:06:51,920

Aivan kuten Kuu, Venus pienenee  
ja kasvaa sirpistä

91

00:06:51,960 --> 00:06:54,200

täydeksi yhä uudelleen.

92

00:06:54,280 --> 00:06:58,600

Saturnuksen kummallakin puolella  
olevat oudot lisukkeet.

93

00:06:58,720 --> 00:07:01,160

Auringon pinnan tummat pilkut.

94

00:07:01,280 --> 00:07:03,440

Ja tietysti, tähtiä.

95

00:07:03,560 --> 00:07:06,400

Tuhansittain,  
ehkä jopa miljoonittain.

96

00:07:06,520 --> 00:07:09,320

Jokainen niistä liian himmeä  
paljain silmin nähtäväksi.

97

00:07:09,440 --> 00:07:13,920

Oli kuin ihmiskunta olisi yhtäkkiä  
pääsyt eroon silmiä peittävästä siteestä.

98

00:07:13,960 --> 00:07:18,000

Kokonainen universumi  
odotti löytäjänsä.

99

00:07:23,440 --> 00:07:27,760

Uutiset kaukoputkesta levisivät  
Euroopan halki kulovalkean lailla.

100

00:07:27,880 --> 00:07:32,080

Prahassa, keisari Rudolphi II:n  
hovissa Johannes Kepler

101

00:07:32,200 --> 00:07:34,800

paransi kaukoputken  
rakennetta.

102

00:07:34,880 --> 00:07:38,840

Antwerpenissa hollantilainen kartoittaja  
Michael van Langren teki

103

00:07:38,960 --> 00:07:41,920

ensimmäiset luotettavat kartat Kuusta.  
Hän uskoi niissä näkyvän

104

00:07:41,960 --> 00:07:44,400

mantereita ja valtameriä.

105

00:07:44,560 --> 00:07:49,680

Johannes Hevelius, varakas puolalainen  
oluenpanija, rakensi valtavan

106

00:07:49,760 --> 00:07:53,200

kaukoputken observatorioonsa  
Danzigiin.

107

00:07:53,280 --> 00:07:57,880

Observatorio oli niin suuri,



että se kattoi kolmen rakennuksen katon!

108

00:07:59,200 --> 00:08:02,240

Mutta aikansa parhaat kaukoputket  
teki todennäköisesti

109

00:08:02,320 --> 00:08:05,360

Christiaan Huygens  
Hollannissa.

110

00:08:05,440 --> 00:08:11,080

1655 Huygens löysi Titanin,  
Saturnuksen suurimman kuun.

111

00:08:11,160 --> 00:08:15,160

Muutamaa vuotta myöhemmin hänen havaintonsa  
paljastivat Saturnuksen rengasjärjestelmän,

112

00:08:15,240 --> 00:08:20,320

jota Galilei ei ollut  
koskaan ymmärtänyt.

113

00:08:20,400 --> 00:08:24,640

Huygens näki myös  
tummia ja kirkkaita alueita

114

00:08:24,720 --> 00:08:27,360

Marsin napa-alueilla.

115

00:08:27,440 --> 00:08:31,080

Voisiko tässä kaukaisessa,  
oudossa maailmassa olla elämää?

116

00:08:31,160 --> 00:08:35,240

Kysymys askarruttaa tähtitieteilijöitä  
vielä nykyäänkin.

117

00:08:35,920 --> 00:08:39,520

Kaikki varhaisimmat kaukoputket olivat  
refraktoreita, joissa

118

00:08:39,600 --> 00:08:42,680

linssit keräävät ja fokusoivat  
tähtien valoa.

119

00:08:42,760 --> 00:08:45,440

Myöhemmin linssit  
korvattiin peileillä.

120

00:08:45,560 --> 00:08:49,080

Tämän peilikaukoputken  
suunnitteli alunpitäen Niccolò Zucchi

121

00:08:49,160 --> 00:08:52,000  
myöhemmin Isaac Newton  
paransi sitä.

122

00:08:52,080 --> 00:08:55,760  
1700-luvun lopulla  
maailman suurimmat peilit

123

00:08:55,840 --> 00:08:59,600  
valoi William Herschel,  
urkuri, josta tuli tähtitieteilijä.

124

00:08:59,680 --> 00:09:02,520  
Herschel työskenteli  
sisarensa Carolinen kanssa.

125

00:09:02,600 --> 00:09:06,200  
Bathissa, Englannissa sijaitsevassa talossaan  
Herschelit kaatoivat punahehkuista

126

00:09:06,280 --> 00:09:09,880  
sulaa metallia muotteihin.  
Kun metalliset aihiot olivat jäähtyneet

127

00:09:09,960 --> 00:09:15,440  
he kiillottivat niiden pinnat  
niin, että tähtien valo heijastuisi niistä.

128

00:09:15,560 --> 00:09:20,320  
Herschel rakensi elämänsä aikana  
yli 400 kaukoputkea.

129

00:09:24,520 --> 00:09:28,360  
Suurin niistä oli niin valtava,  
että sen köysistön käyttämiseen tarvittiin

130

00:09:28,440 --> 00:09:31,600  
neljä palvelijaa. Köysien ja  
rattaiden avulla kaukoputki

131

00:09:31,680 --> 00:09:36,000  
saatiin seuraamaan  
tähtien liikettä yötaivaalla.

132

00:09:36,080 --> 00:09:39,440  
Liike johtuu tietysti  
Maan pyörimisestä akselinsa ympäri.

133

00:09:39,560 --> 00:09:43,080  
Herschel oli kuin kartoittaja.  
Hän havaitsi taivasta ja

134

00:09:43,160 --> 00:09:46,720  
luetteloi satoja uusia  
sumuja ja kaksoistähtiä.

135

00:09:46,800 --> 00:09:50,280  
Hän päätteli myös, että  
Linnunradan on oltava litteä kiekko.

136

00:09:50,360 --> 00:09:54,120  
Hän jopa mittasi aurinkokunnan  
etenemisen tässä kiekossa

137

00:09:54,200 --> 00:09:58,840  
havaitsemalla tähtien ja  
planeettojen suhteellisia liikkeitä.

138

00:09:58,920 --> 00:10:06,360  
Maaliskuun 13 päivänä 1781  
hän löysi uuden planeetan - Uranuksen.

139

00:10:06,440 --> 00:10:10,680  
Kului 200 vuotta ennen kuin  
Nasan Voyager 2-luotain

140

00:10:10,760 --> 00:10:15,880  
välitti astronomeille  
ensimmäiset lähikuvat tästä etäisestä maailmasta.

141

00:10:16,800 --> 00:10:21,240  
Rossen kolmas jaarli William Parsons  
rakensi Irlannin vehmaalle ja

142

00:10:21,320 --> 00:10:26,560  
hedelmälliselle maaseudulle  
1900-luvun suurimman kaukoputken.

143

00:10:26,640 --> 00:10:30,560  
Kaukoputki valtavine  
1,8-metrisine metallipeileineen

144

00:10:30,640 --> 00:10:35,240  
tunnettiin myöhemmin  
"Parsonstownin jättiläisenä".

145

00:10:35,320 --> 00:10:39,320  
Harvoina kirkkaina kuuttomina öinä

jaarli katsoi okulaariin

146

00:10:39,440 --> 00:10:44,400

ja seilasi  
halki universumin.

147

00:10:45,280 --> 00:10:50,160

Orion sumuun - jonka nyt tiedetään  
olevan tähtien lastentarha.

148

00:10:50,280 --> 00:10:55,920

Mystiseen Rapusumuun,  
joka on supernovaräjähdyksen jäännös.

149

00:10:55,960 --> 00:10:57,920

Entä Pyörregalaksi?

150

00:10:57,960 --> 00:11:02,560

Lordi Rosse oli ensimmäinen, joka  
näki sen majesteettisen spiraalirakenteen.

151

00:11:02,640 --> 00:11:08,400

Oman galaksimme kaltainen galaksi  
monimutkaisine tummine pilvineen ja hohtavine kaasuneen, joka

152

00:11:08,520 --> 00:11:12,400

muodostuu miljardeista tähdistä  
ja kuka tietää -

153

00:11:12,520 --> 00:11:16,560

ehkä myös Maan kaltaisista planeetoista.

154

00:11:18,920 --> 00:11:24,920

Kaukoputkesta oli tullut alus,  
jolla voimme tutkia universumia.

155

00:11:29,720 --> 00:11:34,080

2. Koko ratkaisee

156

00:11:36,080 --> 00:11:38,480

Yöllä silmäsi tottuivat pimeyteen.

157

00:11:38,560 --> 00:11:42,640

Pupillisi laajenevat ja päästävät  
tavallista enemmän valoa silmiisi.

158

00:11:42,720 --> 00:11:47,880

Siksi näet entistä himmeämpiä  
kohteita ja tähtiä.

159

00:11:47,960 --> 00:11:51,720

Nyt kuvitellaan, että pupillisi ovat läpimitaltaan metrin.

160

00:11:51,800 --> 00:11:55,960

Näyttäisit hieman oudolta, mutta näköaistisi olisi yliluonnollinen!

161

00:11:56,000 --> 00:11:59,400

Kaukoputki mahdollistaa tämän.

162

00:12:01,880 --> 00:12:04,640

Kaukoputki on kuin suppilo.

163

00:12:04,720 --> 00:12:10,240

Sen päälinssi tai -peili kerää tähden säteilyä ja ohjaa valon silmiisi.

164

00:12:13,080 --> 00:12:17,800

Mitä suurempi linssi tai peili, sitä himmeämpiä kohteita näet.

165

00:12:17,880 --> 00:12:20,720

Koko todella ratkaisee.

166

00:12:20,800 --> 00:12:23,400

Kuinka suureksi kaukoputken sitten voi tehdä?

167

00:12:23,480 --> 00:12:26,400

Jos kyse on linssikaukoputkesta, ei kovinkaan suureksi.

168

00:12:29,480 --> 00:12:32,720

Tähden valon täytyy lävistää päälinssi.

169

00:12:32,800 --> 00:12:36,080

Siksi sitä voidaan tukea vain reunoilta.

170

00:12:36,160 --> 00:12:41,880

Suuri linssi on raskas, ja liian suuren linssin oma paino muuttaa sen muotoa.

171

00:12:41,960 --> 00:12:45,640

Mikä aiheuttaa kuvaan vääristymiä.

172

00:12:47,400 --> 00:12:54,320

Historian suurin linssikaukoputki valmistui 1897 Yerkesin observatorioon, joka on lähellä Chicagoo.

173

00:12:54,400 --> 00:12:57,480  
Sen päälinssi on läpimitaltaan hieman yli metrin.

174  
00:12:57,560 --> 00:13:02,080  
Sen putki oli kuitenkin 18 metriä pitkä.

175  
00:13:02,160 --> 00:13:08,720  
Yerkesin kaukoputken valmistuminen  
tiesi linssikaukoputkien tien päätä.

176  
00:13:08,800 --> 00:13:10,880  
Haluatko silti suurempia kaukoputkia?

177  
00:13:10,960 --> 00:13:12,800  
Muista peilit.

178  
00:13:17,080 --> 00:13:23,080  
Peilikaukoputkissa tähden valo ei läpäise  
peiliä, vaan heijastuu siitä.

179  
00:13:23,160 --> 00:13:29,400  
Peiliä voidaan siis tukea myös takaa.  
Siksi peili voi olla paljon linssiä ohuempi.

180  
00:13:29,480 --> 00:13:34,640  
Tästä johtuu, että peileistä voidaan tehdä  
paljon suurempia kuin linseistä.

181  
00:13:35,640 --> 00:13:39,720  
Suuret peilit ilmestyivät eteläiseen  
Kaliforniaan noin sata vuotta sitten.

182  
00:13:39,800 --> 00:13:44,880  
Silloin Mount Wilson oli etäinen huippu  
San Gabriel -vuoriston erämaassa.

183  
00:13:44,960 --> 00:13:49,080  
Taivas oli selkeä ja yöt olivat pimeitä.

184  
00:13:49,160 --> 00:13:53,640  
George Ellery Hale rakensi Mount Wilsonille  
ensimmäiseksi 1,5-metrinen kaukoputken.

185  
00:13:53,720 --> 00:13:58,400  
Se oli pienempi kuin lordi Rossen Jättiläinen aikoinaan, mutta sen laatu oli paljon  
parempi.

186  
00:13:58,480 --> 00:14:02,160  
Se oli myös paljon paremmalla havaintopaikalla.

187

00:14:02,240 --> 00:14:07,640

Hale ylipuhui paikallisen liikemiehen John Hookerin  
2,5-metrinen kaukoputken rahoittajaksi.

188

00:14:07,720 --> 00:14:12,560

Tonneittain lasia ja terästä  
kuljetettiin Mount Wilsonille.

189

00:14:12,640 --> 00:14:16,000

Hooker-kaukoputki valmistui 1917.

190

00:14:16,080 --> 00:14:20,240

Se pysyi maailman suurimpana  
kaukoputkena 30 vuotta.

191

00:14:20,320 --> 00:14:25,400

Kuin kosminen tykki  
se oli valmis hyökkäämään universumiin.

192

00:14:28,480 --> 00:14:31,080

Ja niin se teki.

193

00:14:31,160 --> 00:14:34,240

Uuden kaukoputken  
rinnalla

194

00:14:34,280 --> 00:14:37,240

kehittyi uusi tapa,  
jolla sen tarjoama näkymää katsottiin.

195

00:14:37,280 --> 00:14:40,800

Astronomit eivät enää tähyilleet  
jättiläisen okulaarin läpi.

196

00:14:40,880 --> 00:14:45,960

Sen sijaan valoa kerättiin  
tuntikaupalla valokuvauslevyille.

197

00:14:46,000 --> 00:14:50,800

Kukaan ei ollut aikaisemmin tunkeutunut  
niin syvälle kosmokseen.

198

00:14:50,880 --> 00:14:55,160

Spiraalisumujen huomattiin koostuvan  
yksittäisten tähtien paljoudesta.

199

00:14:55,240 --> 00:14:59,560

Voisivatko ne olla  
tähtijärjestelmiä, kuten Linnunratamme?

200

00:14:59,640 --> 00:15:03,800

Edwin Hubble löysi Andromedan sumusta tietyn tyypin tähden.

201

00:15:03,880 --> 00:15:07,400

Sen kirkkaus muuttuu säännömukaisesti.

202

00:15:07,480 --> 00:15:11,720

Hubble pystyi päättelemään havainnoistaan Andromedan etäisyyden:

203

00:15:11,800 --> 00:15:15,960

lähes miljoona valovuotta.

204

00:15:16,080 --> 00:15:22,720

Spiraalisumut, kuten Andromeda, olivat selvästi yksittäisiä galakseja.

205

00:15:24,480 --> 00:15:27,320

Tämä ei kuitenkaan ollut ainoa uskomaton keksintö.

206

00:15:27,400 --> 00:15:32,000

uurimman osan galakseista huomattiin liikkuvan pois päin Linnunradasta.

207

00:15:32,080 --> 00:15:37,640

Mount Wilsonilla Hubble havaitsi, että lähellä olevat galaksit etääntyvät pienillä nopeuksilla

208

00:15:37,640 --> 00:15:42,480

ja kaukaisemmat liikkuvat meistä pois päin niitä paljon nopeampaan tahtiin.

209

00:15:42,560 --> 00:15:43,720

Mitä tämä tarkoitti?

210

00:15:43,800 --> 00:15:46,560

Universumi laajenee.

211

00:15:46,640 --> 00:15:53,400

Astronomit olivat tehneet Hooker-kaukoputkella 1900-luvun tärkeimmän tähtitieteellisen oivalluksen.

212

00:15:56,080 --> 00:16:00,640

Olemme tunkeutuneet universumin historiaan, kiitos kuuluu kaukoputkelle.

213

00:16:00,720 --> 00:16:04,880

Universumi syntyi hieman alle



14 miljardia vuotta sitten

214

00:16:04,960 --> 00:16:09,240  
suuressa räjähdyksessä, jossa  
muodostuivat aika ja avaruus sekä aine ja energia.

215

00:16:09,280 --> 00:16:11,560  
Tapahtumaa kutsutaan alkuräjähdykseksi.

216

00:16:11,640 --> 00:16:17,480  
Pikkuriikkiset kvanttivaihtelut kasvoivat  
alkukeitoksessa tiheiksi kokkareiksi.

217

00:16:17,560 --> 00:16:20,160  
Niistä tiivistyivät galaksit.

218

00:16:20,240 --> 00:16:23,800  
Galaksien koot ja muodot vaihtelevat hämmästyttävästi.

219

00:16:26,560 --> 00:16:30,400  
Tähtien ytimien fuusioreaktiot  
tuottivat uusia atomeja.

220

00:16:30,480 --> 00:16:34,880  
Hiiltä, happea, rautaa, kultaa.

221

00:16:34,960 --> 00:16:39,640  
Supernovaräjähdykset syytivät  
nämä raskaat aineet takaisin avaruuteen.

222

00:16:39,720 --> 00:16:43,080  
Raaka-ainetta uusille tähdille.

223

00:16:43,160 --> 00:16:44,800  
Ja uusille planeetoille!

224

00:16:46,880 --> 00:16:54,880  
Eräänä päivänä, jossakin, jotenkin, yksinkertaisista orgaanisista molekyyleistä kehittyi  
elämä.

225

00:16:54,960 --> 00:17:00,560  
Elämä on jatkuvasti kehittyvän  
universumin ihme.

226

00:17:00,640 --> 00:17:02,880  
Olemme tähtipölyä.

227

00:17:02,960 --> 00:17:07,000  
Se on suurenmoinen visio ja syvälle luotaava näkemys.

228

00:17:07,080 --> 00:17:11,160

Sekin on kaukoputkilla tehtyjen havaintojen ansiota.

229

00:17:11,240 --> 00:17:15,640

Kuvittele: ilman kaukoputkea  
tuntisimme vain kuusi planeettaa

230

00:17:15,720 --> 00:17:18,160

yhden kuun ja joitakin tuhansia tähtiä.

231

00:17:18,240 --> 00:17:22,400

Tähtitiede olisi yhä lapsenkengissä.

232

00:17:23,640 --> 00:17:27,480

Universumin ääret ovat houkutelleet  
seikkailijoita kuin kätkeyt aarteet

233

00:17:27,560 --> 00:17:30,000

ikimuistoista ajoista asti.

234

00:17:30,080 --> 00:17:35,480

Prinsit sekä politiikan ja liike-elämän mahtimiehet  
ovat yhdessä tieteen miesten kanssa

235

00:17:35,560 --> 00:17:40,240

tunteneet kartoittamattomien  
avaruuden merien houkutuksen. Heidän ponnistelunsa kaukoputkilla

236

00:17:40,280 --> 00:17:45,400

ovat nopeasti kasvattaneet aluetta,  
jolle tutkimusretket suuntautuvat.

237

00:17:59,800 --> 00:18:02,640

George Ellery Halella oli vielä yksi unelma:

238

00:18:02,720 --> 00:18:06,960

rakentaa kaksi kertaa suurempi kaukoputki  
kuin edellinen kokoennätyksen haltija.

239

00:18:07,000 --> 00:18:10,880

Saanko esitellä 1900-luvun tähtitieteen  
grand old lady.

240

00:18:10,960 --> 00:18:15,880

Palomarin vuoren viisimetrinen Hale-kaukoputki.

241

00:18:15,960 --> 00:18:20,560

Siinä on yli viisisataa tomia liikkuvia osia.

Silti se on täysin tasapainossa

242

00:18:20,640 --> 00:18:24,640  
ja liikkuu viehkeästi kuin ballerina.

243

00:18:24,720 --> 00:18:30,240  
Sen 40-tonninen peili paljastaa  
40 miljoonaa kertaa himmeämpiä tähtiä kuin paljain silmin näkyy.

244

00:18:30,280 --> 00:18:35,240  
Hale-kaukoputki, joka valmistui 1948  
tarjosi ylivoimaisen näkymän planeetoille

245

00:18:35,280 --> 00:18:38,800  
tähtijoukkoihin, sumuihin ja galakseihin.

246

00:18:41,080 --> 00:18:44,960  
Jättiläismäinen Jupiter monine kuineen.

247

00:18:45,080 --> 00:18:49,080  
Hämmästyttävä Liekkisumu.

248

00:18:49,160 --> 00:18:54,240  
Orionin sumun hienot kaasukiehkurat.

249

00:18:59,880 --> 00:19:02,080  
Voisimmeko rakentaa vieläkin suurempia kaukoputkia?

250

00:19:02,160 --> 00:19:06,240  
Neuvostoliittolaiset yrittivät  
1970-luvun lopulla.

251

00:19:06,280 --> 00:19:10,640  
He rakensivat korkealle Kaukasusvuoristoon  
Bolshoi Teleskop Azimutalnyi -nimisen kaukoputken

252

00:19:10,720 --> 00:19:14,880  
sen pääpeili on  
läpimitaltaan peräti kuusi metriä.

253

00:19:14,960 --> 00:19:17,640  
Se ei kuitenkaan koskaan  
täyttänyt tutkijoiden odotuksia.

254

00:19:17,720 --> 00:19:21,720  
Se oli yksinkertaisesti liian suuri, liian kallis  
ja liian vaikea hanke.

255

00:19:21,800 --> 00:19:24,960

Luovuttivatko kaukoputkien rakentajat siis tässä vaiheessa?

256

00:19:25,080 --> 00:19:28,480

Oliko heidän haudattava unelmansa suuremmista havaintolaitteista?

257

00:19:28,560 --> 00:19:31,960

Oliko kaukoputken historia saanut enneaikaisen lopun?

258

00:19:32,080 --> 00:19:33,400

Ei tietenkään.

259

00:19:33,480 --> 00:19:36,480

Tätä nykyä tutkijoilla on toimivia 10-metrisiä kaukoputkia.

260

00:19:36,560 --> 00:19:39,160

Ja sitäkin suurempia on piirustuspöydillä..

261

00:19:39,240 --> 00:19:40,720

Miten eteenpäin päästiin?

262

00:19:40,800 --> 00:19:42,640

Ratkaisu oli uusi teknologia.

263

00:19:44,000 --> 00:19:48,760

3. Teknologia siivittää

264

00:19:48,960 --> 00:19:52,800

Modernit autot eivät muistuta Fordin T-mallia.

265

00:19:52,880 --> 00:19:56,280

Myös nykyiset kaukoputket eroavat ratkaisevasti klassisista edeltäjistään

266

00:19:56,360 --> 00:19:58,680

kuten 5-metrisestä Hale-kaukoputkesta.

267

00:19:58,760 --> 00:20:01,880

Ensiksikin niiden jalusta on huomattavan kevyt.

268

00:20:01,960 --> 00:20:05,840

Ennen vanhaan pystytys oli ekvatoriaalinen, jolloin yksi akseli

269

00:20:05,920 --> 00:20:09,720  
osoittaa aina samaan suuntaan  
kuin Maan pyörimisakseli.

270

00:20:09,800 --> 00:20:13,480  
Taivaan liikkeen seuraamiseksi  
kaukoputki yksinkertaisesti

271

00:20:13,560 --> 00:20:18,200  
kiertyy tämän akselin ympäri  
samalla nopeudella kuin Maa pyörii.

272

00:20:18,280 --> 00:20:21,160  
Helppo, mutta tilaa vievä ratkaisu.

273

00:20:21,240 --> 00:20:26,040  
Nykyiset altatsimutaaliset  
pystytykset ovat kevytrakenteisia.

274

00:20:26,080 --> 00:20:30,440  
Näin pystytetty kaukoputki muistuttaa taivaalle suunnattua tykkiä.

275

00:20:30,480 --> 00:20:35,240  
Havaintija yksinkertaisesti valitsee suunnan  
ja korkeuden. Asia on sillä selvä.

276

00:20:35,320 --> 00:20:38,640  
Ongelmana on taivaan liikkeen  
seuraaminen.

277

00:20:38,720 --> 00:20:44,240  
Kaukoputken on pyörittävä molempien  
akselien ympäri, vieläpä vaihtelevalla nopeudella.

278

00:20:44,320 --> 00:20:50,720  
Tämä tuli mahdolliseksi vasta,  
kun kaukoputkista tuli tietokoneohjattuja.

279

00:20:50,800 --> 00:20:52,840  
Pieni jalusta on halvempi rakentaa kuin suuri.

280

00:20:52,920 --> 00:20:57,520  
Lisäksi se sopii pieneen kupoliin,  
mikä laskee rakennuskustannuksia edelleen

281

00:20:57,600 --> 00:21:00,320  
ja parantaa samalla kuvien laatua.

282

00:21:00,400 --> 00:21:03,800  
Otetaan esimerkiksi Havaijilla sijaitsevat

Keck-kaukoputket.

283

00:21:03,880 --> 00:21:06,600

Vaikka niiden 10-metriset peilit ovat läpimitaltaan kaksi kertaa suurempia

284

00:21:06,680 --> 00:21:10,440

kuin Hale-kaukoputken peili, ne mahtuvat pienempään tähtitorniin kuin

285

00:21:10,520 --> 00:21:13,240

Palomarin vuorella sijaitseva Hale.

286

00:21:15,080 --> 00:21:17,440

Myös kaukoputkien peilit ovat kehittyneet.

287

00:21:17,520 --> 00:21:19,120

Ne tapasivat olla paksuja ja raskaita.

288

00:21:19,200 --> 00:21:21,840

Nyt ne ovat ohuita ja kevyitä.

289

00:21:21,920 --> 00:21:26,800

Peiliaihiot, joiden halkaisija voi olla useita metrejä, valetaan valtavissa, pyörivissä uuneissa.

290

00:21:26,880 --> 00:21:30,320

Silti ne ovat alle 20 senttimetriä paksuja.

291

00:21:30,400 --> 00:21:32,960

Monimutkaiset tukirakenteet estävät ohuiden peilien

292

00:21:33,080 --> 00:21:35,200

omaa painoa hajottamasta niitä.

293

00:21:35,280 --> 00:21:39,120

Myös tietokoneohjatut männät ja moottorit auttavat pitämään peilin

294

00:21:39,200 --> 00:21:40,840

muodon täydellisenä.

295

00:21:43,400 --> 00:21:45,520

Järjetelmää nimitetään aktiiviseksi optiikaksi.

296

00:21:45,600 --> 00:21:49,840

Tarkoitus on kompensoida ja korjata

pääpeilin pienetkin muodon vaihtelut,

297

00:21:49,920 --> 00:21:54,560  
jotka johtuvat vetovoimasta, tuulesta,  
tai lämpötilan muutoksista.

298

00:21:54,640 --> 00:21:58,240  
Ohut peili myös  
painaa vähemmän kuin paksu.

299

00:21:58,320 --> 00:22:01,440  
Siksi koko tukijärjestelmä  
pystytyksineen

300

00:22:01,560 --> 00:22:03,440  
voi olla sutjakka ja kevyt.

301

00:22:03,520 --> 00:22:05,560  
Ja entistä halvempi!

302

00:22:05,640 --> 00:22:08,360  
1980-luvun lopulla eurooppalaiset  
tähtitieteilijät rakensivat

303

00:22:08,440 --> 00:22:11,760  
Uuden teknologian kaukoputken  
(New Technology Telescope).

304

00:22:11,840 --> 00:22:14,840  
Sitä käytettiin koekaniinina monen  
uuden tekniikan testaamiseen

305

00:22:14,920 --> 00:22:16,120

306

00:22:16,200 --> 00:22:20,960  
Jopa sen suoja eroaa kokonaan  
perinteisten kaukoputkien tähtitorneista.

307

00:22:21,080 --> 00:22:24,240  
Uuden teknologian kaukoputki  
oli suuri menetys.

308

00:22:24,320 --> 00:22:27,280  
Oli aika rikkoo  
kuuden metrin raja.

309

00:22:27,600 --> 00:22:31,400  
Mauna Kean observatorio sijaitsee  
Tyynen meren korkeimmalla kohdalla

310

00:22:31,480 --> 00:22:34,960

4200 metriä meren pinnan yläpuolella.

311

00:22:36,960 --> 00:22:41,120

Turistit nauttivat Havaijin rannoilla auringosta ja meren aalloista.

312

00:22:41,200 --> 00:22:44,520

Korkealla heidän yläpuolellaan jäätävissä oloissa, vuoristotauti seuranaan

313

00:22:44,600 --> 00:22:51,160

tähtitieteilijät yrittävät ratkaista universumin arvoituksia.

314

00:22:51,240 --> 00:22:54,120

Kaksi Keck-teleskooppia ovat maailman suurimpia kaukoputkia.

315

00:22:54,200 --> 00:22:59,120

Niiden peilien läpimitta on 10-metriä ja peilit ovat silti vohvelin paksuisia.

316

00:22:59,200 --> 00:23:04,040

Kylpyhuonen lattian lailla laatoitetut peilit koostuvat 36 kuusikulmaisista segmentistä,

317

00:23:04,120 --> 00:23:07,480

joiden muoto hallitaan nanometrin tarkkuudella.

318

00:23:07,560 --> 00:23:11,200

Putket ovat taivaan havainnointiin omistautuneita jättiläisiä.

319

00:23:11,280 --> 00:23:14,120

Tieteen katedraaleja.

320

00:23:14,200 --> 00:23:16,600

Yö laskeutuu Mauna Kealle.

321

00:23:16,680 --> 00:23:21,720

Keck-kaukoputket aloittavat kaukaa kosmoksen ääristä tulleiden fotonien keräämisen.

322

00:23:21,800 --> 00:23:24,520

Kun niiden peilit toimivat parina, niistä muodostuu suurempi virtuaaliputki

323



00:23:24,600 --> 00:23:27,440  
kuin kaikki aikaisemmat kaukoputket yhteensä.

324  
00:23:27,520 --> 00:23:30,360  
Mitä tänään havaitaan?

325  
00:23:34,680 --> 00:23:39,520  
Kaksi toisiinsa miljoonien valovuosien päässä  
törmäävää galaksia?

326  
00:23:39,600 --> 00:23:45,320  
Kuoleva tähti, jonka viimeinen hengenveto  
muodostaa planetaarisen sumun?

327  
00:23:45,400 --> 00:23:51,040  
Vai aurinkokunnan ulkopuolella oleva planeetta,  
jolla saattaa olla elämää?

328  
00:23:51,120 --> 00:23:55,920  
Chilessä, Atacaman autiomaassa  
- maapallon kuivimmalla paikalla - on Cerro Paranal.

329  
00:23:55,960 --> 00:24:00,040  
Siellä on suurin koskaan  
rakennettu tähtitieteellinen havaintolaite:

330  
00:24:00,120 --> 00:24:03,560  
Eurooppalainen VLT (Very Large Telescope).

331  
00:24:16,200 --> 00:24:19,520  
VLT koostuu neljästä kaukoputkesta.

332  
00:24:19,600 --> 00:24:22,760  
Jokaisen peili on 8,2-metrinen.

333  
00:24:22,840 --> 00:24:24,120  
Antu.

334  
00:24:24,200 --> 00:24:25,240  
Kueyen.

335  
00:24:25,320 --> 00:24:26,320  
Melipal.

336  
00:24:26,400 --> 00:24:27,760  
Yepun.

337  
00:24:27,840 --> 00:24:33,440  
Mapuche-intiaanien nimet Auringolle,

Kuulle, Etelän ristille ja Venukselle.

338

00:24:33,520 --> 00:24:37,800

Valtavat peilit valettiin Saksassa,  
hiottiin Ranskassa ja kuljetettiin Chileen laivalla.

339

00:24:37,880 --> 00:24:41,240

Lopulta ne kuljetettiin hitaasti  
erämaan halki.

340

00:24:41,320 --> 00:24:44,960

Auringonlaskun aikaan kaukoputkien  
suojat avautuvat.

341

00:24:45,040 --> 00:24:48,560

Tähtien valo sataa  
VLT:n peileille.

342

00:24:49,280 --> 00:24:52,080

Uusia löytöjä tehdään.

343

00:24:55,920 --> 00:24:58,160

Lasersäde halkoo yötaivasta.

344

00:24:58,240 --> 00:25:00,680

Se projisoi keinotähden  
ilmakehään

345

00:25:00,760 --> 00:25:03,840

90 kilometrin korkeuteen.

346

00:25:03,920 --> 00:25:06,920

Aaltorintamasensorit mittaavat,  
kuinka ilmakehän pyörteisyys

347

00:25:06,960 --> 00:25:09,120

vääristää tähden kuvaa.

348

00:25:09,200 --> 00:25:12,960

Seuraavaksi nopeat tietokoneet kertovat  
joustavalle peilille, miten

349

00:25:13,040 --> 00:25:15,800

sen tulisi muuttaa muotoaan  
vääristymän korjaamiseksi.

350

00:25:15,880 --> 00:25:18,960

Käytännössä korjaus lopettaa tähtien tuikkimisen.

351

00:25:19,040 --> 00:25:22,600  
Järjestelmää nimitetään adaptiiviseksi optiikaksi,  
joka on nykytähtitieteen

352

00:25:22,680 --> 00:25:24,320  
voittamaton taikatemppu.

353

00:25:24,400 --> 00:25:28,840  
Ilman sitä näkymämme universumiin  
olisi ilmakehän sotkema.

354

00:25:28,920 --> 00:25:32,880  
Sen ansiosta kuvamme ovat  
veitsenteräviä.

355

00:25:35,480 --> 00:25:39,480  
Toinen optinen trikki  
tunnetaan interferometriana.

356

00:25:39,560 --> 00:25:43,360  
Siinä käytetään kahta erillistä  
kaukoputkea, ja tuodaan

357

00:25:43,440 --> 00:25:46,640  
niiden keräämä valo yhteen paikkaan, mutta  
säilytetään valoaaltojen

358

00:25:46,720 --> 00:25:49,320  
suhteellinen vaihe-ero.

359

00:25:49,400 --> 00:25:53,160  
Jos tämä tehdään tarpeeksi tarkasti,  
kahdesta kaukoputkesta

360

00:25:53,240 --> 00:25:56,600  
tulee osa  
jättiläismäistä peiliä, jonka

361

00:25:56,680 --> 00:25:59,920  
läpimitta on yhtä suuri kuin  
kaukoputkien välimatka.

362

00:25:59,960 --> 00:26:04,040  
Käytännössä interferometria antaa kaukoputkellesi  
kotkan näkökyvyn.

363

00:26:04,120 --> 00:26:07,600  
Sen ansiosta pienilläkin kaukoputkilla  
voi erottaa yksityiskohtia,

364

00:26:07,680 --> 00:26:12,440  
jotka muutoin näkyisivät vain  
paljon niitä suurimmilla putkilla.

365  
00:26:12,520 --> 00:26:15,600  
Mauna Kean Keck-kaukoputket muodostavat  
säännöllisesti tiimin

366  
00:26:15,680 --> 00:26:17,520  
interferometrina.

367  
00:26:17,600 --> 00:26:21,440  
VLT:n tapauksessa kaikki neljä  
kaukoputkea työskentelevät yhdessä.

368  
00:26:21,520 --> 00:26:24,760  
Lisäksi joukkoon  
saattaa liittyä useita

369  
00:26:24,840 --> 00:26:28,880  
pieniä apukaukoputkia,  
jotka terävöittävät systeemin näköä entisestään.

370  
00:26:29,840 --> 00:26:33,400  
Suuria kaukoputkia on  
on ympäri maailmaa.

371  
00:26:33,480 --> 00:26:37,480  
Subaru ja Gemini pohjoinen  
sijaitsevat Mauna Kealla.

372  
00:26:37,560 --> 00:26:42,240  
Gemini eteläinen ja  
Magellan-kaukoputki ovat Chilessä.

373  
00:26:42,320 --> 00:26:46,280  
LBT-kaukoputki (Large Binocular Telescope)  
on Arizonassa.

374  
00:26:48,200 --> 00:26:50,800  
Ne on rakennettu parhaille  
mahdollisille paikoille.

375  
00:26:50,840 --> 00:26:53,720  
Korkealle ja kuivaan; selkeälle ja pimeälle seudulle.

376  
00:26:53,840 --> 00:26:56,640  
Niiden silmät ovat  
uima-altaan kokoiset.

377

00:26:56,760 --> 00:27:00,400  
Kaikkiin on asennettu adaptiivinen optiikka  
ilmakehän häiriövaikutusten

378  
00:27:00,440 --> 00:27:02,080  
kompensoimiseksi.

379  
00:27:02,200 --> 00:27:05,960  
Joissakin tapauksissa niiden erotuskyky  
vastaa virtuaalijättiläistä.

380  
00:27:06,040 --> 00:27:08,640  
Kiitos interferometrian.

381  
00:27:09,680 --> 00:27:11,800  
Tällaisia näkymiä ne ovat paljastaneet meille.

382  
00:27:11,920 --> 00:27:13,400  
Planeettoja.

383  
00:27:16,600 --> 00:27:18,240  
Sumuja.

384  
00:27:19,360 --> 00:27:23,960  
Tähtien kiekkojen koot –  
ja joidenkin litistyneet muodot.

385  
00:27:23,960 --> 00:27:27,160  
Kylmä planeetta, joka  
kiertää ruskeaa kääpiötä.

386  
00:27:27,200 --> 00:27:31,480  
Jättiläistähdet, jotka kiertävät  
Linnunradan keskustan ympäri

387  
00:27:31,600 --> 00:27:36,720  
supermassiivisen mustan aukon  
vetovoiman kaitsemina.

388  
00:27:36,840 --> 00:27:40,400  
Olemme edistyneet melkoisesti  
Galilein päivistä.

389  
00:27:40,000 --> 00:27:44,760  
4. Hopeasta piihin

390  
00:27:45,840 --> 00:27:49,000  
400 vuotta sitten Galileo Galilein  
oli piirrettävä kaukoputken

391

00:27:49,120 --> 00:27:53,000  
näkymät, jotka hän  
halusi muiden tietoon.

392

00:27:53,120 --> 00:27:56,240  
Kuun rokonarpiset  
kasvot.

393

00:27:56,360 --> 00:28:00,400  
Jupiterin satelliittien  
tanssi.

394

00:28:00,520 --> 00:28:02,160  
Auringonpilkut.

395

00:28:02,280 --> 00:28:04,160  
Tai Orionin tähdet.

396

00:28:04,280 --> 00:28:06,720  
Hän kokoaa piirroksistaan  
kirjasen

397

00:28:06,760 --> 00:28:08,400  
Viestejä tähdistä.

398

00:28:08,440 --> 00:28:10,800  
Vain siten hän pystyi  
jakamaan löytönsä

399

00:28:10,920 --> 00:28:12,400  
muiden kanssa.

400

00:28:12,440 --> 00:28:16,640  
Yli kaksi vuosisataa,  
astronomien oli oltava myös taiteilijoita.

401

00:28:16,760 --> 00:28:19,000  
Katsomalla okulaariin,  
he tekivät yksityiskohtaisia

402

00:28:19,120 --> 00:28:20,960  
piirroksia  
näkemästään.

403

00:28:21,040 --> 00:28:23,080  
Kuun karu  
maisema.

404

00:28:23,200 --> 00:28:25,960

Myrsky Jupiterin  
kaasukehässä.

405  
00:28:26,040 --> 00:28:29,000  
Kaukaisen sumun  
hienostunut kaasuharso.

406  
00:28:29,120 --> 00:28:32,320  
Joskus he tulkitsivat näkemäänsä  
liian hätäisesti.

407  
00:28:32,440 --> 00:28:36,560  
Marsin pinnan tummien viivojen  
oletettiin olevan kanavia,

408  
00:28:36,680 --> 00:28:39,880  
jotka viittasivat punaisella  
planeetalla elävään sivilisaatioon.

409  
00:28:39,960 --> 00:28:43,480  
Nyt tiedämme, että kanavat  
olivat optisia harhoja.

410  
00:28:43,600 --> 00:28:47,160  
Tähtitieteilijät tarvitsivat  
objektiivisen tavan, jolla tallentaa

411  
00:28:47,280 --> 00:28:51,480  
kaukoputkien keräämä valo  
niin, ettei informaatio suodattunut ensin

412  
00:28:51,520 --> 00:28:54,480  
havaitsejan aivojen  
ja hänen kynänsä kautta.

413  
00:28:54,600 --> 00:28:57,400  
Valokuvaus pelasti tilanteen.

414  
00:28:58,760 --> 00:29:01,160  
Ensimmäinen valokuva  
Kuusta.

415  
00:29:01,200 --> 00:29:03,880  
Henry Draper otti  
sen 1840.

416  
00:29:03,920 --> 00:29:07,240  
Valokuvaus oli vain  
15-vuotias, kun astronomit

417

00:29:07,360 --> 00:29:10,880  
olivat jo oivaltaneet  
sen vallankumoukselliset mahdollisuudet.

418  
00:29:10,920 --> 00:29:13,080  
Miten valokuvaus siis toimii?

419  
00:29:13,120 --> 00:29:17,160  
Valokuvauslevyissä on herkkä  
emulsio, joka sisältää

420  
00:29:17,280 --> 00:29:19,400  
pieniä hopeahaloidirakeita.

421  
00:29:19,440 --> 00:29:22,160  
Kun niihin osuu valo,  
ne muuttuvat tummiksi.

422  
00:29:22,200 --> 00:29:24,800  
Kuva oli  
negatiivi taivaasta, jossa

423  
00:29:24,920 --> 00:29:28,080  
tummat tähdet erottuvat  
vaalealla taustalla.

424  
00:29:28,200 --> 00:29:31,560  
Suuri etu oli se, että  
valokuvauslevyä voitiin

425  
00:29:31,680 --> 00:29:33,960  
valottaa tuntikausia.

426  
00:29:34,040 --> 00:29:36,720  
Jos katselet yötaivasta okulaarin  
läpi paljain silmin,

427  
00:29:36,760 --> 00:29:39,640  
et näe enää silmiesi sopeutumisen  
jälkeen lisää tähtiä,

428  
00:29:39,680 --> 00:29:42,320  
vaikka katsoisit kuinka kauan.

429  
00:29:42,440 --> 00:29:45,240  
Valokuvauslevyllä  
tempu onnistuu.

430  
00:29:45,360 --> 00:29:48,480  
Voit kerätä sille



valoa tunteja ja informaatio kasvaa.

431

00:29:48,600 --> 00:29:52,880

Mitä pidempi valotusaika,  
sitä enemmän tähtiä erottuu.

432

00:29:52,920 --> 00:29:54,160

Enemmän.

433

00:29:54,200 --> 00:29:55,240

Ja Enemmän.

434

00:29:55,360 --> 00:29:57,320

Ja vielä muutama. ???

435

00:29:58,360 --> 00:30:02,000

1950-luvulla Palomarin observatorion  
Schmidt-kaukoputkella

436

00:30:02,120 --> 00:30:05,160

valokuvattiin koko  
pohjoinen taivas.

437

00:30:05,280 --> 00:30:10,080

Lähes 2000 valokuvauslevyä,  
joista jokaista valotettiin melkein tunti.

438

00:30:10,120 --> 00:30:12,960

Löytöjen aarrearkku.

439

00:30:12,960 --> 00:30:17,080

Valokuvaus teki havaitsevasta  
tähtitieteestä kunnan tieteen.

440

00:30:17,200 --> 00:30:21,480

Objektiivisen, toistettaviin  
havaintoihin perustuvan.

441

00:30:21,600 --> 00:30:23,240

Mutta hopea oli hidasta.

442

00:30:23,280 --> 00:30:25,480

Sen käyttö vaati kärsivällisyyttä.

443

00:30:27,120 --> 00:30:29,880

Digitaalinen vallankumous  
muutti kaiken.

444

00:30:29,920 --> 00:30:31,640

Pii korvasi hopean.

445

00:30:31,760 --> 00:30:34,480

Pikselit korvasivat rakeet.

446

00:30:36,360 --> 00:30:40,000

Ei edes taskukameroissa  
käytetä enää filmiä.

447

00:30:40,120 --> 00:30:43,560

Sen sijaan kuvat tallentuvat  
valoherkkiin siruihin:

448

00:30:43,600 --> 00:30:47,800

kyse on CCD-kamerasta  
(charge coupled device).

449

00:30:47,920 --> 00:30:51,560

Ammattilaisten CCD:t ovat  
erittäin tehokkaita.

450

00:30:51,680 --> 00:30:54,640

Jäähdyttämällä ne  
nestemäisellä typellä

451

00:30:54,680 --> 00:30:57,960

alle jäätymispisteen niistä  
saadaan vielä herkempiä.

452

00:30:58,040 --> 00:31:00,720

Lähes jokainen fotoni  
rekisteröityy.

453

00:31:00,760 --> 00:31:05,640

Siksi valotusajat  
ovat lyhkäisiä.

454

00:31:05,760 --> 00:31:09,480

Sen mitä Palomarin observatorion  
taivaan kartoittajat saivat aikaan tunnissa

455

00:31:09,600 --> 00:31:13,160

voidaan tehdä CCD:llä  
muutamassa minuutissa.

456

00:31:13,200 --> 00:31:15,560

Käyttämällä pienempää kaukoputkea.

457

00:31:15,600 --> 00:31:18,080

Piivallankumous ei toki

ole ohi.

458

00:31:18,200 --> 00:31:21,080  
Astronomit ovat rakentaneet  
valtavia CCD-kameroita, joissa

459

00:31:21,200 --> 00:31:23,560  
on satoja miljoonia pikseleitä.

460

00:31:23,600 --> 00:31:26,320  
Ja lisää on tulossa.

461

00:31:28,120 --> 00:31:32,560  
Digitaalisten kuvien suuri etu on  
todella se, että ne ovat digitaalisia.

462

00:31:32,600 --> 00:31:35,800  
Niitä voidaan käsitellä  
sellaisenaan tietokoneilla.

463

00:31:35,840 --> 00:31:38,800  
Astronomit käyttävät havaintojen  
prosessointiin erityisiä

464

00:31:38,840 --> 00:31:40,880  
tietokoneohjelmistoja.

465

00:31:40,880 --> 00:31:45,080  
Muun muassa kontrastin korostaminen,  
paljastaa sumuista ja galakseista

466

00:31:45,200 --> 00:31:47,640  
mitä himmeimpiä piirteitä.

467

00:31:47,760 --> 00:31:51,240  
Värikoodaus korostaa ja  
tuo esiin rakenteita, joita

468

00:31:51,280 --> 00:31:53,640  
olisi muutoin  
vaikea nähdä.

469

00:31:53,680 --> 00:31:57,880  
Lisäksi yhdistämällä useita  
erivärisiä suodattamia

470

00:31:57,920 --> 00:32:00,400  
käyttäen  
otettuja kuvia voidaan

471

00:32:00,520 --> 00:32:04,320  
tehdä henkeäsalpaavia yhdistelmiä,  
jotka hämärtävät tieteen

472

00:32:04,440 --> 00:32:06,720  
ja taiteen rajan.

473

00:32:06,840 --> 00:32:09,880  
Sinäkin voit hyötyä  
digitaalisesta tähtitieteestä.

474

00:32:09,960 --> 00:32:13,960  
Koskaan ei ole ollut yhtä helppoa  
löytää ja nauttia hämmästyttävistä

475

00:32:13,960 --> 00:32:15,800  
kosmoskuvista.

476

00:32:15,920 --> 00:32:20,080  
Universumin kuvat ovat joka hetki  
vain hiiren näpäytyksen päässä!

477

00:32:20,680 --> 00:32:24,160  
Robottikaukoputket, joihin on asennettu  
herkkiä elektronisia ilmaisimia

478

00:32:24,280 --> 00:32:27,800  
vahtivat taivaita  
tälläkin hetkellä.

479

00:32:27,920 --> 00:32:30,880  
Uudessa Meksikossa sijaitseva  
Sloan-kaukoputki on kuvannut

480

00:32:30,960 --> 00:32:34,000  
ja luetteloinut satoja miljoonia  
taivaankappaleita,

481

00:32:34,120 --> 00:32:38,160  
mitannut miljoonan  
galaksin etäisyydet ja löytänyt

482

00:32:38,280 --> 00:32:41,480  
satoja tuhansia  
uusia kvasaareja.

483

00:32:41,520 --> 00:32:44,000  
Mutta yksi kartoitus ei riitä.

484

00:32:44,120 --> 00:32:47,400  
Universumi muuttuu jatkuvasti.

485  
00:32:47,520 --> 00:32:51,240  
Jäiset komeetat tulevat ja menevät,  
jättäen jälkeensä

486  
00:32:51,280 --> 00:32:53,640  
pölyvanan.

487  
00:32:53,760 --> 00:32:56,720  
Asteroidit kiitävät ohi.

488  
00:32:56,840 --> 00:33:00,560  
Kaukaiset planeetat kiertävät  
tähtiään peittäen

489  
00:33:00,680 --> 00:33:02,880  
välillä osan  
tähdien valosta.

490  
00:33:02,960 --> 00:33:08,800  
Supernovat räjähtävät. Samaan aikaan  
muualla syntyy uusia tähtiä.

491  
00:33:08,840 --> 00:33:17,960  
Pulsarit välähtelevät, gammapurkaukset  
räiskyvät mustiin aukkoihin kiertyy ainetta.

492  
00:33:18,040 --> 00:33:21,720  
Pysyäkseen luonnon suuren näytelmän  
jäljillä tähtitieteilijät

493  
00:33:21,840 --> 00:33:25,240  
haluavat monitoroida  
taivaan kerran vuodessa.

494  
00:33:25,360 --> 00:33:26,840  
Tai kerran kuukaudessa.

495  
00:33:26,920 --> 00:33:28,640  
Tai kahdesti viikossa.

496  
00:33:28,680 --> 00:33:33,800  
Tämä on LSST-kaukoputken  
kunnianhimoinen päämäärä.

497  
00:33:33,920 --> 00:33:39,400  
Jos se valmistuu 2015, sen  
kolmen gigapikselin kamera avaa

498

00:33:39,440 --> 00:33:42,080

webkameranäkymän  
universumiin.

499

00:33:42,200 --> 00:33:45,960

Tämä peilikaukoputki ylittää  
kaikki tähtitietilijöiden unelmat,

500

00:33:46,040 --> 00:33:51,080

sillä se kuvaa lähes  
koko taivaan kerran kolmessa yössä.

501

00:33:56,000 --> 00:34:00,760

5. Näkymätön näkyväksi

502

00:34:02,360 --> 00:34:05,080

Kun kuuntelet  
suosikkimusiikkiasi korvasi

503

00:34:05,160 --> 00:34:08,800

erottavat laajan  
taajuusalueen syvimmästä

504

00:34:08,920 --> 00:34:12,120

bassoon jylinästä  
korkeimpiin värähtelyihin.

505

00:34:12,200 --> 00:34:14,960

Kuvittele, jos kuulisit  
vain erittäin rajatun

506

00:34:15,360 --> 00:34:16,920

taajuusalueen.

507

00:34:16,960 --> 00:34:19,520

Menettäisit suurimman osan  
nautinnosta!

508

00:34:19,600 --> 00:34:23,000

Tähtitieteilijät ovat periaatteessa  
juuri sellaisessa tilanteessa.

509

00:34:23,080 --> 00:34:26,160

Silmämme erottavat vain  
hyvin pienen osan

510

00:34:26,240 --> 00:34:29,000

säteilyn taajuuksista:

näkyvän valon.

511

00:34:29,080 --> 00:34:31,560

Olemme täysin sokeita  
muunlaiselle

512

00:34:31,640 --> 00:34:33,600

sähkömagneettiselle säteilylle.

513

00:34:33,680 --> 00:34:36,640

Universumissa on kuitenkin  
useita kohteita, joiden säteily kuuluu

514

00:34:36,720 --> 00:34:39,960

muihin sähkömagneettisen  
spektrin osiin.

515

00:34:40,040 --> 00:34:43,760

Esimerkiksi 1930-luvulla  
huomattiin sattamalta, että

516

00:34:43,840 --> 00:34:47,240

avaruuden syvyyksistä  
tulee radioaaltoja.

517

00:34:47,320 --> 00:34:49,960

Osalla aalloista  
on sama taajuus kuin

518

00:34:50,040 --> 00:34:53,160

suosikkiradiokanavallasi, mutta ne ovat  
heikompia, eivätkä ne sisällä

519

00:34:53,240 --> 00:34:55,280

mitään kuunneltavaa.

520

00:34:56,520 --> 00:34:59,960

Radio Universumin kuunteleminen  
edellyttää jonkinlaista

521

00:35:00,040 --> 00:35:02,560

vastaanotinta: radiokaukoputkea.

522

00:35:02,680 --> 00:35:06,960

Erittäin pitkiä radioaaltoja lukuunottamatta,  
radiosäteilyä havaitaan lautasantennein.

523

00:35:07,040 --> 00:35:10,080

Se muistuttaa suuresti  
optisen kaukoputken pääpeiliä.

524

00:35:10,200 --> 00:35:14,400

Koska radioaallot ovat paljon pidempiä kuin näkyvän valon aallot

525

00:35:14,440 --> 00:35:17,240

antennin pinnan ei tarvitse olla läheskään yhtä tasaisen

526

00:35:17,360 --> 00:35:19,000

kuin peilin pinnan.

527

00:35:19,120 --> 00:35:21,640

Siksi suuria radiokaukoputkia on paljon helpompi

528

00:35:21,680 --> 00:35:26,800

rakentaa kuin suuria optisia kaukoputkia.

529

00:35:26,840 --> 00:35:30,960

Myös radioaalloilla toimiva interferometri on paljon helpompi rakentaa kuin vastaava optinen laite.

530

00:35:30,960 --> 00:35:34,080

Interferometriä auttaa erottamaan pieniä yksityiskohtia

531

00:35:34,120 --> 00:35:37,960

yhdistämällä kahden erillisen kaukoputken havainnot.

532

00:35:38,040 --> 00:35:41,560

Näin kaukoputket muodostavat ikään kuin yhden valtavan antennin.

533

00:35:41,600 --> 00:35:44,640

Esimerkiksi Uudessa Meksikossa sijaitseva VLT koostuu

534

00:35:44,680 --> 00:35:49,720

27 erillisistä antennista, joista jokainen on 25-metrinen.

535

00:35:49,760 --> 00:35:52,960

Jokaista antennia voidaan siirtää yksitellen.

536

00:35:53,040 --> 00:35:56,400

Laajimmassa asetelmassa



yksikköjen muodostaman virtuaaliantennin

537

00:35:56,520 --> 00:36:00,800

läpimitta on  
36 kilometriä.

538

00:36:00,920 --> 00:36:03,560

Miltä radiouniversumi  
sitten näyttää?

539

00:36:03,680 --> 00:36:08,000

Aurinko paistaa erittäin  
kirikkaasti radioalueella.

540

00:36:08,120 --> 00:36:10,720

Myös Linnunradan  
keskusta säteilee radioaaltoja.

541

00:36:10,760 --> 00:36:12,400

On vielä muitakin paikkoja.

542

00:36:12,520 --> 00:36:16,480

Pulsarit ovat erittäin tiheitä  
tähtien ruumiita, joista lähtee kapeat

543

00:36:16,520 --> 00:36:18,640

radiokeilat.

544

00:36:18,680 --> 00:36:21,800

Lisäksi ne pyörivät  
useita satoja

545

00:36:21,840 --> 00:36:23,720

kierroksia sekunnissa.

546

00:36:23,760 --> 00:36:27,800

Pulsarit muistuttavatkin  
radiomajakoita.

547

00:36:27,920 --> 00:36:31,320

Me havaitsemme  
erittäin säännöllisen ja nopean

548

00:36:31,360 --> 00:36:34,320

sarjan  
lyhyitä radiopulsseja.

549

00:36:34,440 --> 00:36:36,640

Siitä nimi.

550

00:36:36,680 --> 00:36:39,320

Cassiopeia A:na  
tunnettu radiolähde

551

00:36:39,440 --> 00:36:43,640

on 1600-luvulla räjähtäneen  
supernovan jäännös.

552

00:36:43,680 --> 00:36:48,240

Centaurus A, Cygnus A ja Virgo A  
ovat kaikki jättiläismäisiä galakseja,

553

00:36:48,280 --> 00:36:50,640

jotka syytävät ulos hurjan määrän  
radio-aaltoja.

554

00:36:50,680 --> 00:36:55,960

Niiden energialähteenä on  
keskellä oleva supermassiivinen musta aukko.

555

00:36:56,040 --> 00:37:00,000

Osa näistä radiogalakseista ja  
kvasaareista ovat niin voimakkaita, että

556

00:37:00,120 --> 00:37:05,320

niiden signaalit voidaan havaita  
10 miljardin valovuoden päästä.

557

00:37:05,360 --> 00:37:08,880

Lisäksi koko universumin  
täyttää heikko, suhteellisen

558

00:37:08,960 --> 00:37:11,320

lyhyt aaltainen radiokohina.

559

00:37:11,360 --> 00:37:14,160

Se tunnetaan  
kosmisena mikroaaltotaustasäteilynä,

560

00:37:14,200 --> 00:37:16,400

joka on kaiku  
alkuräjähdyksestä.

561

00:37:16,440 --> 00:37:20,560

Universumin kuumien alun  
jälkihehku.

562

00:37:22,120 --> 00:37:26,400

Jokaisella aallonpituudella  
on kerrottavanaan oma tarinansa.

563

00:37:26,440 --> 00:37:29,960

Tähtitieteilijät, jotka havaitsevat millimetri ja alimillimetri aallonpituuksia,

564

00:37:29,960 --> 00:37:33,080

tutkivat galaksien muodostumista nuoressa universumissa sekä

565

00:37:33,200 --> 00:37:37,240

Linnunradan tähtien ja planeettojen alkuperää.

566

00:37:37,280 --> 00:37:41,400

Ilmakehän vesihöyry kuitenkin estää useimpien säteilylajien pääsyn Maahan.

567

00:37:41,520 --> 00:37:44,400

Niiden havaitsemiseen tarvitaan kuiva ja korkea paikka.

568

00:37:44,440 --> 00:37:47,320

Esimerkiksi Llano de Chajnantor.

569

00:37:47,440 --> 00:37:50,960

Tämä surrealistinen tasanko on viiden kilometrin korkeudessa

570

00:37:50,960 --> 00:37:53,960

Pohjois-Chilessä. Sinne rakennetaan ALMAa:

571

00:37:54,040 --> 00:37:56,880

Atacama Large Millimeter Arraytä.

572

00:37:56,920 --> 00:38:01,880

Kun ALMA valmistuu 2014, siitä tulee suurin tähtitieteellinen

573

00:38:01,920 --> 00:38:04,320

observatorio.

574

00:38:04,840 --> 00:38:09,960

64 antennia, joista jokainen painaa 100 tonnia, työskentelevät yhtenä yksikkönä.

575

00:38:09,960 --> 00:38:13,880

Valtavat trukit siirtävät niitä Lontoon kokoisella alueella erilaisiin asetelmiin

576

00:38:13,960 --> 00:38:16,800  
kuvien yksityiskohtien maksimoimiseksi,  
tai sitten antennit järjestetään lähekkäin

577

00:38:16,880 --> 00:38:19,000  
näkökentän suurentamiseksi.

578

00:38:19,120 --> 00:38:23,240  
Jokainen siirto tehdään  
millimetrin tarkkuudella.

579

00:38:24,680 --> 00:38:28,160  
Monet universumin kohteista  
hohkaavat infrapunavaloa.

580

00:38:28,280 --> 00:38:31,960  
William Herschelin löytämää  
infrapunasäteilyä nimitetään usein myös

581

00:38:32,040 --> 00:38:36,720  
"lämpösäteilyksi", sillä  
suhteellisen lämpimät kohteet, mm. ihmiset

582

00:38:36,760 --> 00:38:39,080  
säteilevät sitä.

583

00:38:41,840 --> 00:38:45,240  
Infrapunasäteily saattaa olla  
sinulle tutumpaa kuin luuletkaan.

584

00:38:45,360 --> 00:38:48,240  
Sitä käytetään  
muun muassa

585

00:38:48,360 --> 00:38:51,160  
yönäkölaseissa  
ja lämpökameroissa.

586

00:38:51,280 --> 00:38:55,160  
Etäisten tähtitieteellisten kohteiden  
infrapunahohteen havaitsemiseen

587

00:38:55,280 --> 00:38:58,960  
tarvitaan herkkiä ilmaisimia,  
jotka jäädytetään niiden oman lämpösäteilyn poistamiseksi

588

00:38:59,040 --> 00:39:04,000  
vain muutaman asteen päähän  
absoluuttisesta nollasta.

589

00:39:06,920 --> 00:39:11,720

Nykyisin lähes kaikissa suurissa kaukoputkissa on infrapunakamera.

590

00:39:11,760 --> 00:39:15,320

Niiden avulla nähdään kosmisten pölypilvien läpi. Näin paljastuvat

591

00:39:15,440 --> 00:39:20,240

esimerkiksi vastasyntyneet tähdet, jotka eivät näy optisilla kameroilla.

592

00:39:20,280 --> 00:39:25,080

Tässä on optinen kuva Orionin tähdistön tunnetusta lastenkamarista.

593

00:39:25,200 --> 00:39:27,400

Katso, miten erilaiselta se näyttää

594

00:39:27,520 --> 00:39:30,080

infrapunakameralla kuvattuna!

595

00:39:30,200 --> 00:39:33,320

Infrapunankymä on tärkeä myös, kun tutkitaan

596

00:39:33,360 --> 00:39:35,960

kaukaisimpia galakseja.

597

00:39:35,960 --> 00:39:41,000

Nuoren galaksin uudet tähdet loistavat kirkasta ultraviolettivaloa.

598

00:39:41,120 --> 00:39:45,000

Ultraviolettivalon on kuitenkin kuljettava miljardeja vuosia laajenevan

599

00:39:45,120 --> 00:39:46,640

universumin halki.

600

00:39:46,760 --> 00:39:50,560

Laajeneminen venyttää valoaltoja. Kun ne osuvat kaukoputkiimme

601

00:39:50,600 --> 00:39:55,240

ne ovat muuttuneet lähi-infrapuna -aalloiksi.

602

00:39:56,600 --> 00:40:00,240  
Tämä tyylikäs laite on  
MAGIC-kaukoputki. Se sijaitsee La Palmalla.

603  
00:40:00,360 --> 00:40:02,960  
Se etsii taivaalta  
kosmisiä gammasäteitä,

604  
00:40:02,960 --> 00:40:06,800  
jotka ovat luonnon  
suurienergisiä säteilyä.

605  
00:40:08,360 --> 00:40:10,960  
Onneksemme Maan  
ilmakehä estää vaarallisia gammasäteitä

606  
00:40:10,960 --> 00:40:12,320  
pääsemästä tänne.

607  
00:40:12,360 --> 00:40:16,000  
Ne kuitenkin jättävät jälkiä,  
joita astronomit voivat tutkia.

608  
00:40:16,120 --> 00:40:19,000  
Osuttuaan ilmakehään,  
ne laukaisevat korkeaenergisten

609  
00:40:19,120 --> 00:40:20,640  
hiukkasten kaskadin.

610  
00:40:20,760 --> 00:40:25,320  
Ne puolestaan aiheuttavat  
hohteen, jonka MAGIC näkee.

611  
00:40:26,920 --> 00:40:30,640  
Tämä on Pierre Auger -observatorio  
Argentiinassa.

612  
00:40:30,680 --> 00:40:33,080  
Se ei edes muistuta  
kaukoputkea.

613  
00:40:33,120 --> 00:40:38,960  
Pierre Auger koostuu 1600:sta  
ilmaisimesta, jotka kattavat yli 3000

614  
00:40:38,960 --> 00:40:40,240  
neliökilometriä.

615  
00:40:40,360 --> 00:40:44,560

Ne pyydystävät kosmisen säteilyn hiukkasia,  
jotka ovat peräisin supernovista

616

00:40:44,600 --> 00:40:46,480  
ja mustista aukoista.

617

00:40:47,680 --> 00:40:52,400  
Entä neutriinoilmaisimet,  
jotka on rakennettu syvälle kaivoskuiluihin,

618

00:40:52,520 --> 00:40:55,720  
valtamerien syvyyksiin  
tai etelämantereen jäähän?

619

00:40:55,840 --> 00:40:57,880  
Voiko niitä nimittää kaukoputkiksi?

620

00:40:57,960 --> 00:40:59,400  
Miksei?

621

00:40:59,520 --> 00:41:03,800  
Havaitsevathan ne universumia,  
vaikkeivät ne kerääkään

622

00:41:03,840 --> 00:41:06,080  
sähkömagneettista säteilyä.

623

00:41:06,120 --> 00:41:09,880  
Neutriinot ovat mittareita vältteleviä  
hiukkasia, joita syntyy Auringossa

624

00:41:09,960 --> 00:41:12,240  
ja supernovissa.

625

00:41:12,360 --> 00:41:15,800  
Niitä muodostui myös  
alkuräjähdyksessä.

626

00:41:15,920 --> 00:41:20,640  
Toisin kuin muut alkeishiukkaset,  
sähkövarauksettomat neutriinot

627

00:41:20,680 --> 00:41:25,640  
voivat lävistää aineen  
ja edetä valon nopeudella.

628

00:41:25,760 --> 00:41:30,240  
Vaikka niitä on vaikea tutkia,  
niitä on runsaasti.

629

00:41:30,280 --> 00:41:34,160  
Joka sekunti yli 50 triljoonaa  
Auringon elektronin neutriinoa

630

00:41:34,200 --> 00:41:36,560  
kulkee lävitse.

631

00:41:36,680 --> 00:41:40,800  
Astronomit ja fyysikot ovat yhdistäneet  
voimansa myös gravitaatioaaltoilmaisimien

632

00:41:40,920 --> 00:41:42,640  
rakentamiseksi.

633

00:41:42,680 --> 00:41:46,640  
Nämä "kaukoputket" eivät havaitse  
säteilyä, eivätkä kerää hiukkasia.

634

00:41:46,680 --> 00:41:51,240  
Sen sijaan ne mittaavat  
aika-avaruuden aavistuksenomaista väräilyä,

635

00:41:51,280 --> 00:41:56,960  
jonka Albert Einsteinin  
yleinen suhteellisuusteoria ennustaa.

636

00:41:57,040 --> 00:42:01,160  
Vaikuttavalla instrumenttien kirjolla  
tähtitieteilijät ovat avanneet koko

637

00:42:01,200 --> 00:42:06,960  
sähkömagneettisen spektrin säteilyn  
ja tunkeutuneet jopa sen ulkopuolelle.

638

00:42:07,040 --> 00:42:11,240  
Kaikkia havaintoja ei kuitenkaan  
voida tehdä maanpäältä.

639

00:42:11,280 --> 00:42:12,800  
Siksi rakennetaan

640

00:42:12,920 --> 00:42:15,240  
avaruuskaukoputkia.

641

00:42:22,000 --> 00:42:26,560  
6. Maan ulkopuolelle

642

00:42:28,560 --> 00:42:30,400  
Hubble-avaruuskaukoputki.



643

00:42:30,480 --> 00:42:33,360

Se on ylivoimaisesti historian tunnetuin kaukoputki.

644

00:42:33,440 --> 00:42:34,800

Ja hyvästä syystä.

645

00:42:34,880 --> 00:42:38,560

Hubble on tehnyt vallankumouksen monella tähtitieteen alalla.

646

00:42:38,640 --> 00:42:42,040

Hubblen peili on nykymittapuun mukaan itse asiassa melko pieni.

647

00:42:42,120 --> 00:42:45,040

Sen läpimitta on vain 2,4 metriä.

648

00:42:45,120 --> 00:42:48,640

Sen sijainti on kuitenkin kirjaimellisesti muissa sfääreissä.

649

00:42:48,720 --> 00:42:52,360

Korkealla havaintoja häiritsevän ilmakehän yläpuolella, se nauttii poikkeuksellisen

650

00:42:52,440 --> 00:42:54,600

terävästä näkymästä universumiin.

651

00:42:54,680 --> 00:42:59,360

Kaiken lisäksi Hubble näkee sekä ultraviolettia että infrapunavaloa.

652

00:42:59,440 --> 00:43:02,480

Samaa säteilyä on ilmakehän takia

653

00:43:02,560 --> 00:43:05,880

mahdoton nähdä Maasta.

654

00:43:05,960 --> 00:43:09,880

Kamerat ja spektrografit, joista osa on puhelinkopin kokoisia,

655

00:43:09,960 --> 00:43:14,600

rekisteröivät kosmisten rantojen valoa.

656

00:43:14,680 --> 00:43:19,320  
Silloin tällöin Hubblea päivitetään aivan  
kuin maanpäällisiä kaukoputkiakin.

657  
00:43:19,400 --> 00:43:22,760  
Avaruudessa kävelevät astronautit  
hoitavat huollon.

658  
00:43:22,840 --> 00:43:24,440  
Rikkoutuneet osat korjataan.

659  
00:43:24,520 --> 00:43:27,000  
Vanhimmat laitteet vaihdetaan  
uusiin

660  
00:43:27,080 --> 00:43:29,800  
modernin teknologian instrumentteihin.

661  
00:43:29,880 --> 00:43:33,280  
Hubblesta on tullut  
havaitsevan tähtitieteen työhevonen.

662  
00:43:33,360 --> 00:43:37,240  
Se on muuttanut  
käsityksemme kosmoksesta.

663  
00:43:39,840 --> 00:43:44,800  
Tarkalla näöllään se on havainnut  
Marsin vuodenaikojen vaihtelut,

664  
00:43:45,920 --> 00:43:48,800  
komeetan törmäämisen Jupiteriin,

665  
00:43:50,520 --> 00:43:53,880  
Saturnuksen renkaat sivulta,

666  
00:43:56,920 --> 00:44:00,400  
ja jopa pienen Pluton pinnan.

667  
00:44:00,480 --> 00:44:06,320  
Se on paljastanut myös tähtien elämäkaaren:  
syntymän, lapsuuden

668  
00:44:06,600 --> 00:44:12,560  
pölyn ja kaasupilvien täyttämässä  
lastenkamarissa ja lopun

669  
00:44:12,640 --> 00:44:17,800  
hienostuneena sumuna, jonka kuoleva  
tähti puhaltaa hitaasti avaruuteen

670

00:44:17,920 --> 00:44:24,960

tai valtavana supernovaräjähdyksenä,  
jonka kirkkaus lähestulkoon peittää sen isäntägalaksin.

671

00:44:25,040 --> 00:44:28,960

Syvällä Orionin sumussa Hubble  
näki jopa uusien planeettakuntien

672

00:44:29,040 --> 00:44:34,080

syntyaikain: vastasyntyneitä tähtiä ympäröiviä pölykiekkoja, joissa saattaa

673

00:44:34,120 --> 00:44:36,080

pian tiivistyä planeettoja.

674

00:44:36,200 --> 00:44:40,320

Avaruuskaukoputki tutki tuhansia  
yksittäisiä tähtiä, jotka kuuluvat pallomaisiin

675

00:44:40,440 --> 00:44:45,960

joukkoihin, universumin  
vanhimpiin tähtiperheisiin.

676

00:44:46,040 --> 00:44:48,320

Tietenkin se tutki myös galakseja.

677

00:44:48,440 --> 00:44:51,960

Koskaan aikaisemmin astronomit eivät ole  
nähtäneet näin paljon yksityiskohtia.

678

00:44:51,960 --> 00:44:58,800

Majesteettisia spiraaligalakseja, absorboivia  
pölyvanoja, rajuja törmäyksiä.

679

00:45:01,040 --> 00:45:05,480

Erittäin pitkät valotukset  
paljastivat tyhjän näköisistä paikoista

680

00:45:05,520 --> 00:45:10,080

tuhansittain himmeitä galakseja,  
jotka ovat miljardien valovuosien päässä.

681

00:45:10,120 --> 00:45:13,960

Fotoneita, jotka lähtivät  
matkaan, kun universumi oli nuori.

682

00:45:14,040 --> 00:45:18,400

Ikkuna kaukaiseen menneisyyteen,  
valaisee

683

00:45:18,440 --> 00:45:21,560  
jatkuvasti muuttuvaa kosmosta.

684

00:45:22,200 --> 00:45:24,880  
Hubble ei ole ainoa kaukoputki,  
joka kiertää avaruudessa.

685

00:45:24,920 --> 00:45:29,800  
Tämä on NASAn Spitzer-  
kaukoputki. Se laukaistiin avaruuteen elokuussa 2003.

686

00:45:29,920 --> 00:45:33,720  
Sitä voidaan pitää Hubblen  
infrapunaversiona.

687

00:45:33,760 --> 00:45:37,960  
Spitzerin peili on läpimitaltaan  
vain 85 senttimetriä.

688

00:45:37,960 --> 00:45:41,080  
Kaukoputki piiloutuu lämpökilven taakse.  
Kilpi suojaa

689

00:45:41,200 --> 00:45:42,480  
sitä Auringolta.

690

00:45:42,520 --> 00:45:47,160  
Sen ilmaisimet on pakattu  
nestemäisellä heliumilla täytettyyn dewar-astiaan.

691

00:45:47,200 --> 00:45:50,080  
Siellä ne jäädytetään vain muutaman asteen

692

00:45:50,200 --> 00:45:51,800  
pään absoluuttisesta nollasta.

693

00:45:51,920 --> 00:45:55,560  
Näin niistä tulee hyvin hyvin herkkiä.

694

00:45:55,680 --> 00:45:58,720  
Spitzer on paljastanut pölyisen universumin.

695

00:45:58,760 --> 00:46:02,560  
Tummat, läpitukenemattomat pilvet hohtavat  
infrapuna-alueella, kun ne kuumentuvat

696

00:46:02,680 --> 00:46:04,560  
sisältä päin.

697

00:46:04,600 --> 00:46:08,720

Galaksien törmäyksissä syntyneet sokkiaallot laukaisevat pölyn paljastaviksi renkaiksi

698

00:46:08,760 --> 00:46:13,480

ja vuorovesivoimien muokkaamalla uusilla alueilla syntyy runsaasti tähtiä.

699

00:46:15,520 --> 00:46:19,080

Pölyä syntyy myös tähden kuoleman jälkimainingeissa.

700

00:46:19,200 --> 00:46:23,080

Spitzer havaitsi, että planetaariset sumut ja supernovajäännökset ovat täynnä

701

00:46:23,200 --> 00:46:28,320

pölyhiukkasia, tulevien planeettojen rakennuspalikoita.

702

00:46:28,440 --> 00:46:32,080

Joillakin infrapuna-aalloilla Spitzer näkee suoraan pölypilvien läpi

703

00:46:32,200 --> 00:46:37,720

paljastaen niiden pimeissä ytimissä piilottelevat tähdet.

704

00:46:37,840 --> 00:46:40,960

Lisäksi avaruuskaukoputkien spektrografit ovat tutkineet

705

00:46:40,960 --> 00:46:44,880

eksoplaneettojen kaasukehiä - Jupiterin kaltaisia kaasujättiläisiä,

706

00:46:44,920 --> 00:46:48,880

jotka kaahaavat tähtensä ympäri muutamassa päivässä.

707

00:46:50,680 --> 00:46:52,880

Entä röntgen- ja gammasäteet?

708

00:46:52,920 --> 00:46:55,560

Ilmakehä estää täysin niiden pääsyn Maan pinnalle.

709

00:46:55,680 --> 00:46:59,160

Ilman avaruuskaukoputkia tähtitieteilijät

olisivat siis kokonaan sokeita

710

00:46:59,200 --> 00:47:02,080

näiden suurienergisten  
säteilyjen suhteen.

711

00:47:03,680 --> 00:47:07,080

Avaruuden röntgen- ja gammakaukoputket  
paljastavat kuuman

712

00:47:07,120 --> 00:47:11,800

energiaa pursuavan ja rajun universumin,  
johon kuuluvat galaksijoukot, mustat aukot

713

00:47:11,840 --> 00:47:16,080

supernovaräjähdykset,  
ja galaksien törmäykset.

714

00:47:18,760 --> 00:47:20,840

Niiden rakentaminen on vaikeaa.

715

00:47:20,920 --> 00:47:24,440

Suurienerginen säteily näet lävistää  
perinteisen peilin vaivatta.

716

00:47:24,520 --> 00:47:29,680

Röntgensäteet fokusoidaan samankeskisillä  
sylintereillä, jotka ovat puhdasta kultaa.

717

00:47:29,760 --> 00:47:33,120

Gammasäteitä tutkitaan hienostuneilla  
neulansilmäkameroilla

718

00:47:33,200 --> 00:47:36,560

tai tuikeilmaisimilla, joihin  
osuva gammafotoni

719

00:47:36,640 --> 00:47:39,680

synnyttää tavallisen valonvälähdyksen.

720

00:47:40,960 --> 00:47:45,120

1990-luvulla lensi NASAn  
Compton-gammasädeobservatorio.

721

00:47:45,200 --> 00:47:48,280

Silloin se oli suurin  
ja massiivisin tieteellinen satelliitti,

722

00:47:48,360 --> 00:47:49,880

joka koskaan oli laukaistu avaruuteen.

723

00:47:49,960 --> 00:47:53,120

Täysin varustettu fysiikan  
laboratorio avaruudessa.

724

00:47:53,200 --> 00:47:56,480

Vuonna 2008 Comptonia seurasi  
GLAST-satelliitti:

725

00:47:56,560 --> 00:48:00,520

Gamma Ray Large  
Area Space Telescope.

726

00:48:00,600 --> 00:48:04,120

Se tulee tutkimaan kaikkea,  
johon liittyy suuri energia

727

00:48:04,200 --> 00:48:06,520

pimeästä aineesta pulsareihin.

728

00:48:08,440 --> 00:48:12,360

Astronomeilla on myös kaksi  
röntgenkaukoputkea avaruudessa.

729

00:48:12,440 --> 00:48:17,400

Molemmat, NASAn Chandra-röntgenobservatorio  
ja ESan XMM-Newton -observatorio,

730

00:48:17,480 --> 00:48:21,480

tutkivat  
universumin kuumimpia paikkoja.

731

00:48:23,960 --> 00:48:27,680

Tällaiselta taivas näyttää  
röntgensilmin.

732

00:48:27,760 --> 00:48:32,160

Laajat rakenteet ovat kaasupilviä,  
jotka supernovajäännösten sokkiaallot

733

00:48:32,240 --> 00:48:35,680

ovat kumentaneet  
miljooniin asteisiin.

734

00:48:35,760 --> 00:48:39,960

Kirkkaat, pistemäiset lähteet ovat  
röntgenkaksoistähtiä: neutronitähtiä tai

735

00:48:39,960 --> 00:48:43,640

mustia aukkoja, jotka imevät

ainetta kumppaniltaan.

736

00:48:43,720 --> 00:48:47,280

Sisään putoava kuuma kaasu säteilee röntgensäteitä.

737

00:48:47,360 --> 00:48:51,560

Röntgenkaukoputket paljastavat myös supermassiiviset mustat aukot

738

00:48:51,640 --> 00:48:53,760

kaukaisten galaksien keskustoissa.

739

00:48:53,840 --> 00:48:57,800

Aine, joka kiertyy sisään, kuumenee ja säteilee röntgenalueella

740

00:48:57,880 --> 00:49:02,160

juuri ennen kuin se katoaa mustaan aukkoon.

741

00:49:02,240 --> 00:49:06,840

Kuuma, harva kaasu täyttää myös galaksijoukkojen yksittäisten galaksien

742

00:49:06,920 --> 00:49:08,320

välisen avaruuden.

743

00:49:08,400 --> 00:49:12,240

Toisinaan galaksien ja galaksijoukkojen törmäyksissä syntyvät sokkiaallot

744

00:49:12,320 --> 00:49:16,480

kuumentavat joukon kaasua entisestään.

745

00:49:16,560 --> 00:49:20,760

Vielä jännittävämpiä ovat gammapurkaukset, universumin kaikkein

746

00:49:20,840 --> 00:49:22,600

korkeaenergisimmät ilmiöt.

747

00:49:22,680 --> 00:49:26,920

Ne ovat nopeasti pyörivien massiivisten tähtien rajuja

748

00:49:26,960 --> 00:49:28,760

räjähdyksiä.

749



00:49:28,840 --> 00:49:32,760  
Niissä vapautuu alle sekunnissa  
enemmän energiaa kuin Aurinko tuottaa

750  
00:49:32,840 --> 00:49:35,760  
10 miljardissa vuodessa.

751  
00:49:38,200 --> 00:49:42,160  
Hubble, Spitzer, Chandra,  
XMM-Newton ja GLAST

752  
00:49:42,240 --> 00:49:44,600  
ovat kaikki monipuolisia jättiläisiä.

753  
00:49:44,680 --> 00:49:47,640  
Osa avaruuskaukoputkista on  
kuitenkin pieniä ja niiden tehtävä on

754  
00:49:47,720 --> 00:49:49,240  
tarkastirajattu.

755  
00:49:49,320 --> 00:49:51,280  
Esimerkiksi COROT.

756  
00:49:51,360 --> 00:49:54,880  
Tämä ranskalainen satelliitti on  
erikoistunut tähtien seismologiaan ja

757  
00:49:54,960 --> 00:49:56,880  
eksoplaneettojen tutkimiseen.

758  
00:49:56,960 --> 00:50:01,240  
NASAn Swift-satelliitti on puolestaan  
yhdistetty röntgen- ja gammaobservatorio, joka

759  
00:50:01,320 --> 00:50:05,720  
on suunniteltu ratkaisemaan  
gammapurkausten salaisuus.

760  
00:50:05,800 --> 00:50:10,160  
Entä WMAP, the Wilkinson  
Microwave Anisotropy Probe?

761  
00:50:10,240 --> 00:50:13,840  
Hieman yli kahdessa vuodessa se  
on kartoittanut kosmisen taustasäteilyn

762  
00:50:13,920 --> 00:50:17,280  
ylivoimaisen  
tarkasti.

763

00:50:17,360 --> 00:50:21,200

WMAP on antanut kosmologeille  
toistaiseksi parhaan näkymän universumin

764

00:50:21,280 --> 00:50:26,680

varhaiseen nuoruuteen, joka oli  
yli 13 miljardia vuotta sitten.

765

00:50:26,760 --> 00:50:29,640

Avaruusaikaan siirtyminen  
on ollut eräs kaukoputken

766

00:50:29,720 --> 00:50:32,240

historian  
jännittävimmistä käänteistä.

767

00:50:32,320 --> 00:50:34,760

Mitä siis seuraavaksi?

768

00:50:37,800 --> 00:50:40,680

7. Mitä seuravaaksi?

769

00:50:42,680 --> 00:50:45,480

Arizonassa on valettu ensimmäinen  
peiliäihio GMT-kaukoputkea

770

00:50:45,560 --> 00:50:47,400

(Giant Magellan Telescope) varten.

771

00:50:47,480 --> 00:50:50,680

Tämä valtava havaintolaite  
rakennetaan Las Campanas -observatorioon

772

00:50:50,760 --> 00:50:52,360

Chileen.

773

00:50:52,440 --> 00:50:56,040

Sen seitsemän peiliä, jotka  
kaikki ovat yli 8-metrisiä,

774

00:50:56,120 --> 00:50:59,200

tullaan asettelemaan  
kukkasen terälehtien tapaan.

775

00:50:59,280 --> 00:51:02,200

Yhdessä peilit keräävät  
neljä kertaa enemmän

776

00:51:02,280 --> 00:51:05,799  
valoa kuin mikään  
nykyisistä kaukoputkista.

777  
00:51:05,880 --> 00:51:10,240  
Sen sijaan Kalifornian 30-metrinen kaukoputki,  
jota suunnitellaan vuodeksi 2015,

778  
00:51:10,320 --> 00:51:13,080  
muistuttaa Keck-kaukoputkien  
jättiläisversiota.

779  
00:51:13,160 --> 00:51:16,360  
Sadoista yksittäisistä paloista  
muodostuu valtava peili, jonka läpimitta

780  
00:51:16,440 --> 00:51:20,520  
vastaa kuusikerroksisen  
rakennuksen korkeutta.

781  
00:51:20,600 --> 00:51:25,320  
Euroopassa on valmiit suunnitelmat  
E-ELT -kaukoputkeen (European Extremely Large Telescope).

782  
00:51:25,799 --> 00:51:29,160  
Sen 42-metrisestä peilistä  
tulee yhtä suuri

783  
00:51:29,240 --> 00:51:32,640  
kuin olympiamittaisesta uima-altaasta -  
alaltaan se on kaksi kertaa suurempi

784  
00:51:32,720 --> 00:51:34,840  
kuin 30-metrisen kaukoputken peili.

785  
00:51:34,920 --> 00:51:39,400  
Nämä tulevaisuuden jättiläiset on optimoitu infrapunahavainnoille.

786  
00:51:39,480 --> 00:51:44,160  
Kaikkiin asennetaan herkkiä laitteita  
ja adaptiivinen optiikka.

787  
00:51:44,240 --> 00:51:46,840  
Niillä pitäisi näkyä  
ensimmäinen galaksisukupolvi

788  
00:51:46,920 --> 00:51:50,120  
ja universumin historian  
ensimmäiset tähdet.

789

00:51:50,200 --> 00:51:53,120  
Lisäksi ne saattavat ottaa  
ensimmäisen todellisen kuvan

790

00:51:53,200 --> 00:51:56,160  
toisen aurinkokunnan  
planeetasta.

791

00:51:56,240 --> 00:52:00,000  
Radioastronomeille  
42-metrinen ei ole mitään.

792

00:52:00,080 --> 00:52:02,720  
He yhdistävät useista pienistä  
kaukoputkista

793

00:52:02,799 --> 00:52:05,080  
suuria antenneja.

794

00:52:05,160 --> 00:52:08,799  
Alankomaissa rakennetaan  
LOFARia

795

00:52:08,880 --> 00:52:10,520  
(Low Frequency Array).

796

00:52:10,600 --> 00:52:15,840  
30 000 antennia liitetään kuituoptiikalla  
keskustietokoneeseen.

797

00:52:15,920 --> 00:52:19,440  
Ovela rakenne ei sisällä lainkaan  
liikkuvia osia, mutta antennilla voi havaita

798

00:52:19,520 --> 00:52:22,840  
kahdeksaan suuntaan  
samanaikaisesti.

799

00:52:22,920 --> 00:52:26,120  
LOFARin teknologia päättyy todennäköisesti  
myös SKA-antenniin (Square Kilometre Array)

800

00:52:26,200 --> 00:52:28,600  
,joka on nyt  
radiotähtitieteilijöiden toivelistan

801

00:52:28,680 --> 00:52:30,560  
kärjessä.

802

00:52:30,640 --> 00:52:34,640

Kansainvälinen antennisto rakennetaan  
joko Australiaan tai Etelä-Afrikkaan.

803

00:52:34,720 --> 00:52:38,560

Suuret lautasantennit ja pienet dipoliantennit  
yhdistetään, jotta saataisiin

804

00:52:38,640 --> 00:52:42,920

uskomattoman yksityiskohtainen kuva  
radiotaivaasta.

805

00:52:43,000 --> 00:52:46,720

Neliökilometrin kokoisen  
virtuaaliantennin omaava

806

00:52:46,799 --> 00:52:50,440

uusi antennisto tulee olemaan  
kaikkien aikojen

807

00:52:50,520 --> 00:52:52,920

herkin radiokaukoputki.

808

00:52:53,000 --> 00:52:58,040

Kehittyvät galaksit, voimakkaat kvasaarit,  
vinhasti pyörivät pulsarit, eikä

809

00:52:58,160 --> 00:53:01,799

mikään muukaan radiolähde  
tule olemaan turvassa SKAn

810

00:53:01,880 --> 00:53:04,760

vakoilevilta silmiltä.

811

00:53:04,799 --> 00:53:08,280

Laitteistolla tullaan etsimään  
jopa mahdollisten maanulkopuolisten sivilisaatioiden

812

00:53:08,360 --> 00:53:11,840

viestejä.

813

00:53:11,920 --> 00:53:15,160

Entä avaruus?

814

00:53:15,240 --> 00:53:19,040

Viidennen ja viimeisen  
huoltolennon jälkeen Hubble-avaruuskaukoputki

815

00:53:19,120 --> 00:53:24,480

toimii aktiivisesti  
noin vuoteen 2013 asti.

816

00:53:24,560 --> 00:53:28,720

Samoihin aikoihin

laukaistaan avaruuteen sen seuraaja.

817

00:53:30,760 --> 00:53:34,720

Saanko esitellä,

James Webb -avaruuskaukoputki, avaruuden

818

00:53:34,799 --> 00:53:40,480

infrapunaobservatorio,

joka on nimetty NASAn entisen johtajan mukaan.

819

00:53:40,560 --> 00:53:44,840

Kun se on avaruudessa, sen paloista

koostuva 6,5-metrinen peili aukeaa

820

00:53:44,920 --> 00:53:48,480

kuin kukka - seitsemän

kertaa tehokkaampi

821

00:53:48,560 --> 00:53:51,360

kuin Hubblen peili.

822

00:53:51,440 --> 00:53:54,520

Suuri aurinkosuojia pitää

optiikan ja matalaa lämpötilaa

823

00:53:54,600 --> 00:53:57,960

vaativat mittalaitteet varjossa

antaen niille mahdollisuuden toimia

824

00:53:58,040 --> 00:54:03,000

233 celsiusasteen pakkasessa.

825

00:54:04,200 --> 00:54:07,880

James Webb -kaukoputki

ei kierrä Maata.

826

00:54:07,960 --> 00:54:11,640

Sen sijaan se parkkeerataan

1,5 miljoonan kilometrin päähän

827

00:54:11,720 --> 00:54:15,880

planeetastamme, laajalle

Aurinkoa kiertävälle radalle.

828

00:54:15,960 --> 00:54:19,080

Puolivuosisataa sitten Palomarin

vuoren Hale-kaukoputi oli

829

00:54:19,160 --> 00:54:20,960  
historian suurin.

830

00:54:21,000 --> 00:54:25,120  
Nyt sitä suurempi tulee  
lentämään avaruudessa.

831

00:54:25,160 --> 00:54:29,440  
Voimme vain arvailla, millaisia  
jännittäviä löytöjä se tulee tekemään.

832

00:54:29,520 --> 00:54:31,680  
Pysy kuulolla!

833

00:54:32,160 --> 00:54:34,880  
Luovat insinöörit keksivät  
jatkuvasti uusia

834

00:54:34,960 --> 00:54:37,720  
vallankumouksellisia  
kaukoputki-ideoita.

835

00:54:37,799 --> 00:54:42,040  
Kanadassa tutkijat ovat rakentaneet  
nestemäisen peilin omaavan kaukoputken.

836

00:54:42,120 --> 00:54:45,200  
Siinä tähden valo  
ei heijastu

837

00:54:45,280 --> 00:54:49,360  
kiinteästä peilistä, vaan  
pyörivän, nestemäisen elohopean

838

00:54:49,440 --> 00:54:52,600  
kaarevalta pinnalta.

839

00:54:52,680 --> 00:54:56,360  
Rakenteensa vuoksi elohopeakaukoputket  
voidaan suunnata vain suoraan ylös,

840

00:54:56,440 --> 00:54:59,120  
mutta niiden etu on  
suhteellisen halpa hinta

841

00:54:59,200 --> 00:55:01,360  
ja rakentamisen helppous.

842

00:55:01,440 --> 00:55:04,440  
Radioastronomit haluavat  
rakentaa LOFARin kaltaisen antenniston

843  
00:55:04,520 --> 00:55:07,360  
Kuun pinnalle,  
mahdollisimman kauas

844  
00:55:07,440 --> 00:55:10,880  
kaikista maanpäällisistä  
häiriölähteistä.

845  
00:55:10,960 --> 00:55:13,520  
Kuka tietää, vaikka Kuun  
pimeällä puolella

846  
00:55:13,600 --> 00:55:16,360  
olisi jonain päivänä  
optinen kaukoputkikin.

847  
00:55:16,440 --> 00:55:19,360  
Röntgenastronomit toivovat  
parantavansa tulevaisuudessa

848  
00:55:19,440 --> 00:55:21,960  
näkökykyään käyttämällä  
avaruuskaukoputkia ja

849  
00:55:22,040 --> 00:55:23,040  
peittäviä varjostimia.

850  
00:55:23,120 --> 00:55:25,720  
He saattavat onnistua  
jopa kuvaamaan mustan aukon

851  
00:55:25,799 --> 00:55:27,760  
reunan.

852  
00:55:29,560 --> 00:55:32,560  
Eräänä päivänä kaukoputki  
saattaa vastata erääseen perustavaa laatua olevaan

853  
00:55:32,640 --> 00:55:38,840  
kysymykseen:  
olemmeko yksin universumissa?

854  
00:55:42,480 --> 00:55:45,800  
Tiedämme, että muita  
aurinkokuntia on olemassa.

855



00:55:45,920 --> 00:55:48,280  
Oletamme, että niissä  
on Maan kaltaisia planeettoja,

856  
00:55:48,400 --> 00:55:50,200  
joissa on juoksevaa vettä.

857  
00:55:50,320 --> 00:55:51,200  
Mutta

858  
00:55:51,320 --> 00:55:53,440  
onko muualla elämää?

859  
00:55:54,320 --> 00:55:58,120  
Eksoplaneettojen paikallistaminen  
on vaikeaa.

860  
00:55:58,240 --> 00:56:00,680  
Tähtitieteilijät eivät huomaa niitä  
helposti, sillä

861  
00:56:00,720 --> 00:56:03,960  
emotähden kirkkaus  
peittää ne alleen..

862  
00:56:04,920 --> 00:56:08,040  
Avaruuteen lähetetyt  
interferometrit

863  
00:56:08,160 --> 00:56:10,760  
saattavat tarjota vastauksen.

864  
00:56:10,799 --> 00:56:13,520  
Parhailtaan NASA harkitsee  
projektia, jota nimitetään TPF:ksi

865  
00:56:13,560 --> 00:56:16,120  
(Terrestrial Planet Finder).

866  
00:56:16,240 --> 00:56:20,680  
Euroopassa tutkijat suunnittelevat  
Darwin-hanketta.

867  
00:56:20,799 --> 00:56:24,360  
Kuusi avaruuskaukoputkea kiertää  
Aurinkoa muodostelmassa.

868  
00:56:24,480 --> 00:56:28,520  
Laserit tarkkailevat niiden keskinäisiä  
etäisyyksiä nanometrin tarkkuudella.

869

00:56:28,560 --> 00:56:32,200

Yhdessä niiden erotuskyky  
on uskomaton. Ne hävittävät

870

00:56:32,240 --> 00:56:36,040

keskustähtien kestäättömän loiston,  
joten tutkijat voivat todella nähdä

871

00:56:36,160 --> 00:56:39,800

muiden tähtien Maan  
kaltaiset planeetat.

872

00:56:40,640 --> 00:56:44,880

Seuraavaksi astronomit tutkivat  
valoa, joka heijastuu planeetasta.

873

00:56:45,000 --> 00:56:49,960

Sen spektri sisältää planeetan  
kaasukehän sormenjäljen.

874

00:56:50,000 --> 00:56:53,280

Kuka tietää, ehkä havaitsemme seuraavan  
15 vuoden kuluessa merkkejä

875

00:56:53,320 --> 00:56:55,600

hapestasta, metaanista ja otsonista.

876

00:56:55,720 --> 00:56:58,800

Elämän merkkejä.

877

00:57:01,000 --> 00:57:03,520

Universmi on täynnä yllätyksiä.

878

00:57:03,640 --> 00:57:05,960

Taivas ei koskaan lakkaa hämmästyttämästä.

879

00:57:06,080 --> 00:57:08,960

Ei ole ihme, että sadat tuhannet tähtitieteen

880

00:57:09,000 --> 00:57:11,520

harrastajat ympäri maailmaa  
menevät ulos jokaisena selkeänä yönä

881

00:57:11,640 --> 00:57:13,200

ihailtakseen kosmosta.

882

00:57:13,240 --> 00:57:15,520

Heidän kaukoputkensa ovat paljon

883

00:57:15,640 --> 00:57:16,960  
parempia kuin Galilein käyttämät.

884

00:57:17,000 --> 00:57:20,600  
Heidän digitaaliset kuvansa  
ovat jopa parempia kuin

885

00:57:20,640 --> 00:57:23,760  
muutama kymmenen vuotta sitten  
toimineiden ammattilaisten.

886

00:57:23,880 --> 00:57:27,200  
Kaukoputken löytöretket  
universumiin

887

00:57:27,240 --> 00:57:30,760  
ovat kasvattaneet kosmista ymmärrystämme  
vasta 400 vuotta.

888

00:57:30,799 --> 00:57:35,040  
Laajat avaruuden alueet  
on vielä kartoittamatta.

889

00:57:35,560 --> 00:57:38,880  
Olemme edenneet pitkälle  
ajoista, jolloin Galilei aloitti taivaan kartoittamisen

890

00:57:39,000 --> 00:57:42,200  
kaukoputkellaan  
neljä vuosisataa sitten.

891

00:57:42,240 --> 00:57:45,440  
Havaitsemme universumia yhä  
kaukoputkillla

892

00:57:45,480 --> 00:57:50,800  
emme vain Maasta, vaan  
myös avaruuden rajattomuudessa.

893

00:57:50,920 --> 00:57:54,520  
Ihmisyuden ydin on  
loputtoman tuntuksessa

894

00:57:54,640 --> 00:57:57,680  
nerokkuudessamme ja uteliaisuudessamme.

895

00:57:57,799 --> 00:58:00,360  
Olemme juuri alkaneet  
vastata suurimpiin

896

00:58:00,400 --> 00:58:02,440

kysymyksiin.

897

00:58:02,480 --> 00:58:05,120

Olemme löytäneet Linnunradan  
muiden tähtien ympäriltä

898

00:58:05,160 --> 00:58:09,200

yli 300 planeetta  
ja paikallistaneet kaukaisten tähtien lähistöllä

899

00:58:09,240 --> 00:58:12,760

orgaanisia molekyyliä.

900

00:58:12,799 --> 00:58:17,440

Nämä uskomattomat löydöt saattavat  
tuntua ihmiskunnan löytöretkien huipulta,

901

00:58:17,520 --> 00:58:21,520

mutta epäilemättä  
paras on vielä tulossa.

902

00:58:21,640 --> 00:58:24,440

Sinä voit liittyä löytöretkeilijöihin.

903

00:58:24,480 --> 00:58:29,200

Katso ylös ja ihmettele.