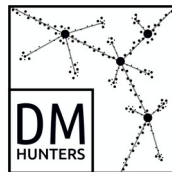




Universidad
Católica del Norte



lawphysics
Latin American Webinars on Physics

Los diminutos mensajeros del Universo

Roberto Lineros

Departamento de Física, Universidad Católica del Norte

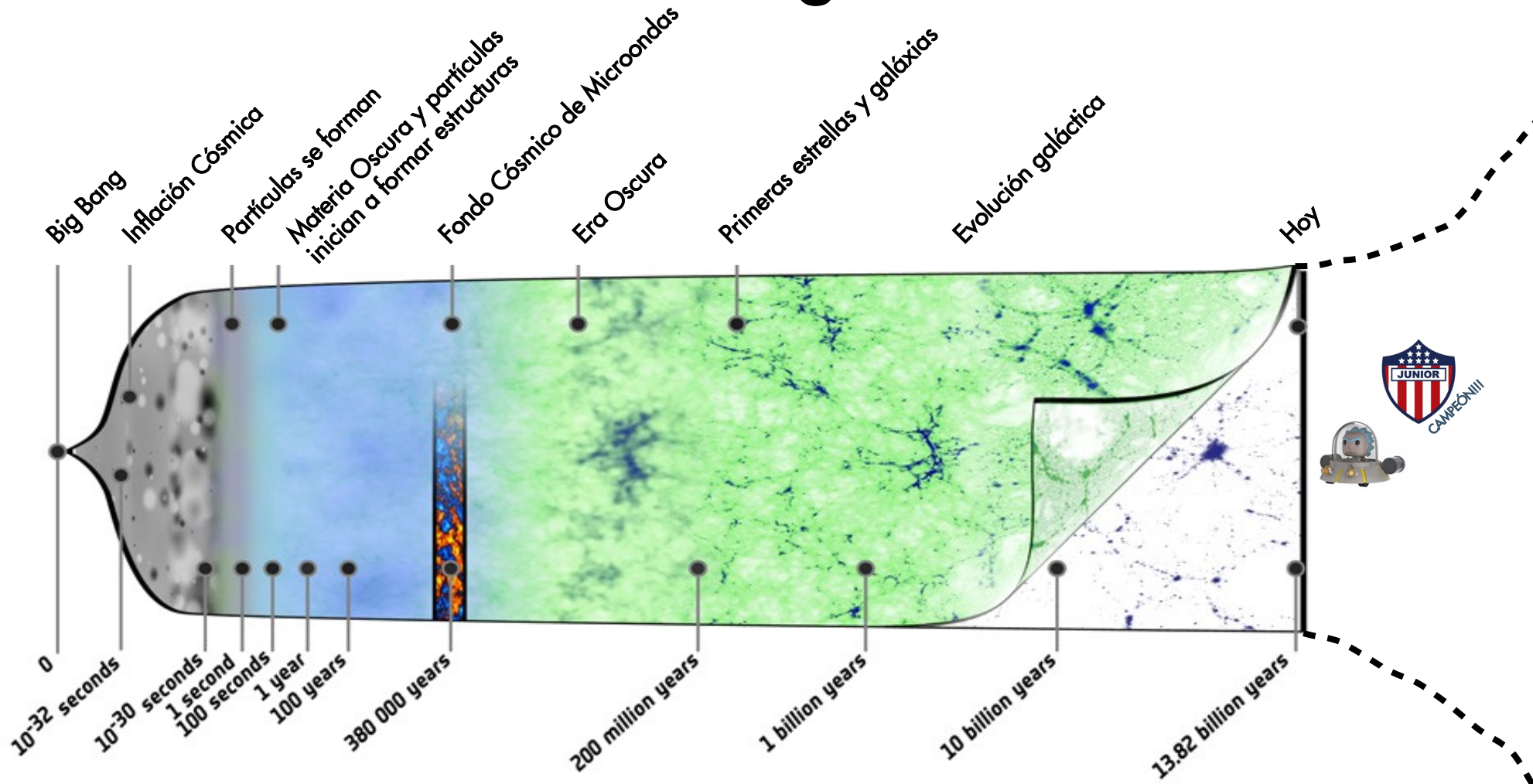


¿Por qué la noche es oscura?





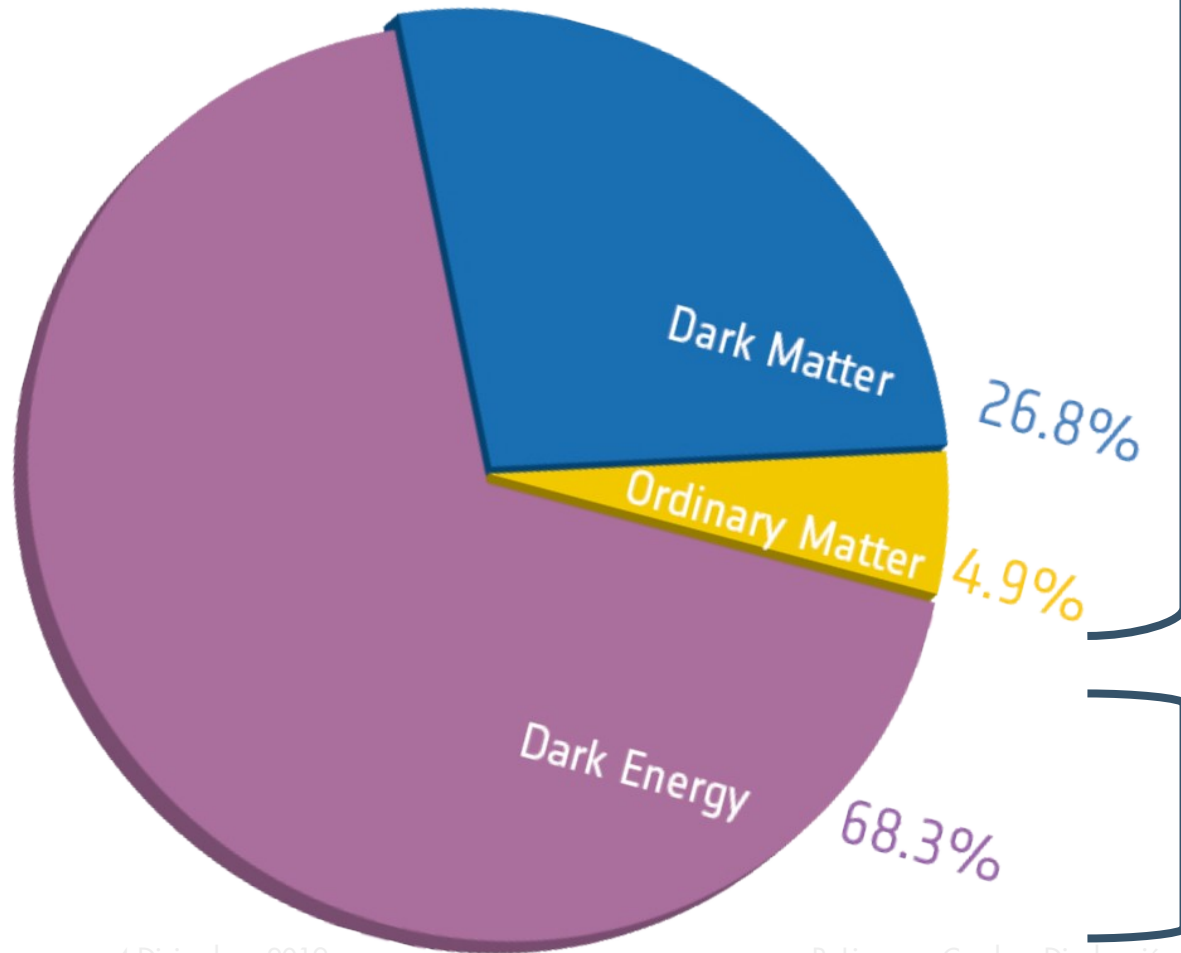
El Universo en un bang!



¿De que está hecho el Universo?



Tarta Cósmica



La **materia** en el Universo es

- 15.4% Materia Ordinaria
- 84.5% **Materia Oscura**

Energía Oscura

energía del mismo espacio-tiempo,
expansión acelerada del Universo

Mensajeros del espacio exterior



γ Fotones



ν Neutrinos



e^- Electrones



p Protones



He Helio



Fe Hierro



O. Gravitacionales



El planeta está constantemente bombardeado por partículas y ondas que son producto de la actividad del Universo

Mensajeros del espacio exterior



γ Fotones



ν Neutrinos



Eléctricamente
Neutral



e^- Electrones



p^+ Protones



He Helio

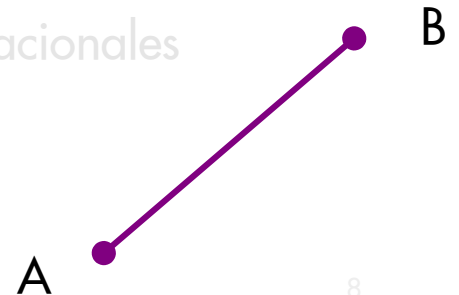


Fe Hierro



O. Gravitacionales

Viajan en línea recta.



Mensajeros del espacio exterior



γ Fotones



ν Neutrinos



e^- Electrones



Protones



Helio



Hierro



Eléctricamente
Cargados

Rayos Cósmicos



O. Gravitacionales

Se desvían debido a los campos magnéticos



A

9

Mensajeros del espacio exterior



γ Fotones



ν Neutrinos



e^- Electrones



p Protones



He Helio



Fe Hierro



O. Gravitacionales } Vibraciones del espacio

Pequeñas perturbaciones del espacio producidas por objetos muy masivos.

Mensajeros del espacio exterior



γ Fotones



ν Neutrinos



e^- Electrones



 Protones



 Helio



 Hierro

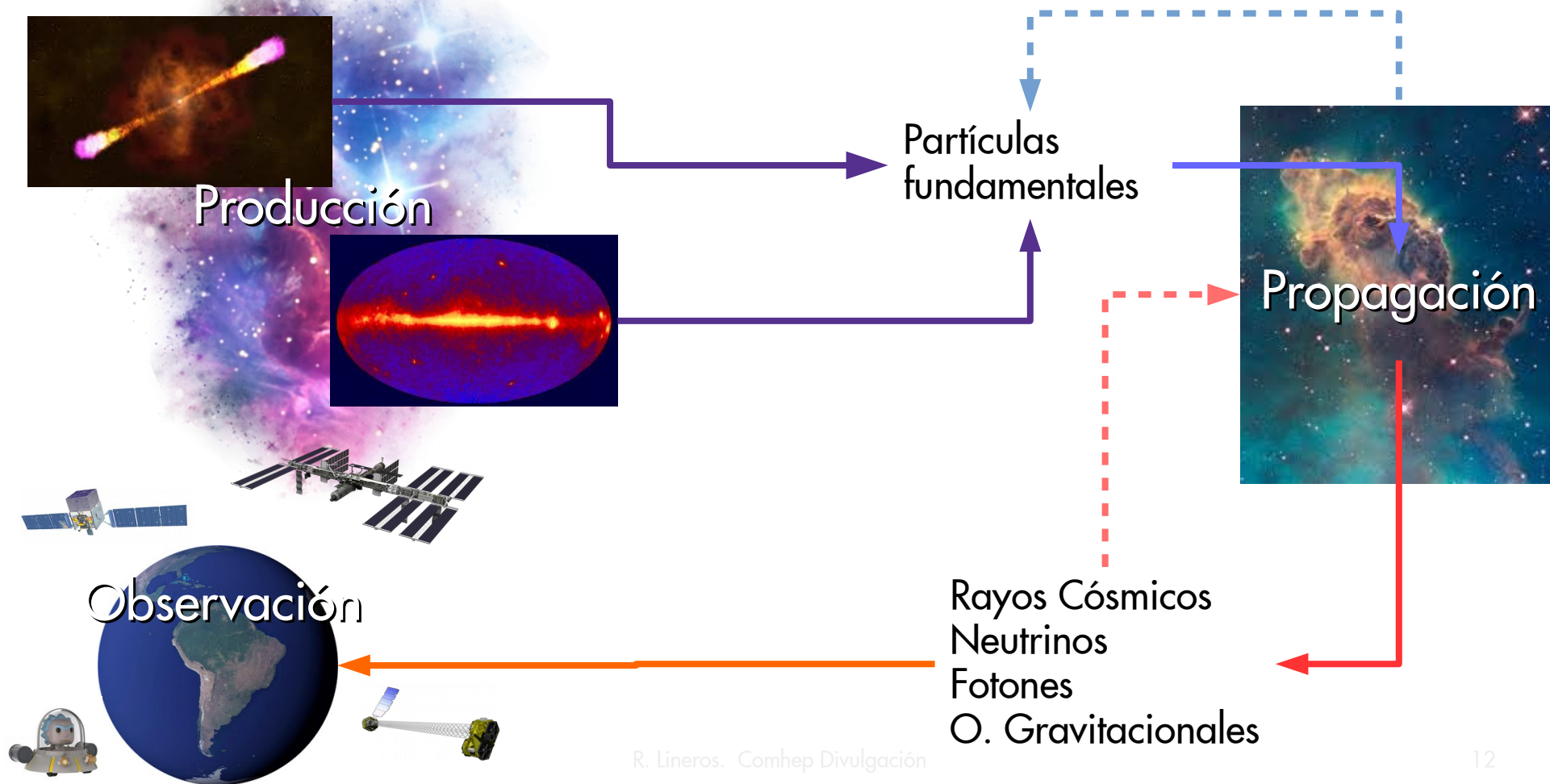


O. Gravitacionales

La información que se extrae desde ellos nos sirve para entender mejor:

Astrofísica, Física de Partículas, y Física Fundamental

Astropartículas



Un poquito de física del Universo



Los ladrillos que construyen todo



Física fundamental



Complejidad



Ladrillos: Tabla periódica

Tabla periódica de los elementos

grupo 1

1

1.00794
1.008
1.00794
H
Hidrógeno
1s¹

2

9.012182
9.012
9.012182
Be
Berilio
[He] 2s²

3

6.941
6.941
6.941
Li
Litio
[He] 2s¹

4

12.011
12.011
12.011
B
Boro
[He] 2s² 2p¹

5

14.0064
14.0064
14.0064
C
Carbono
[He] 2s² 2p²

6

15.9994
15.9994
15.9994
N
Nitrógeno
[He] 2s² 2p³

7

16.00007
16.00007
16.00007
O
Oxígeno
[He] 2s² 2p⁴

8

18.998403
18.998403
18.998403
F
Fluor
[He] 2s² 2p⁵

9

20.1797
20.1797
20.1797
Ne
Neón
[He] 2s² 2p⁶

10

26.981538
26.981538
26.981538
Al
Aluminio
[Ne] 3s² 3p¹

11

28.0855
28.0855
28.0855
Si
Silicio
[Ne] 3s² 3p²

12

30.973762
30.973762
30.973762
P
Fósforo
[Ne] 3s² 3p³

13

32.065
32.065
32.065
S
Azufre
[Ne] 3s² 3p⁴

14

35.453
35.453
35.453
Cl
Cloro
[Ne] 3s² 3p⁵

15

39.948
39.948
39.948
Ar
Argón
[Ne] 3s² 3p⁶

16

44.955912
44.955912
44.955912
K
Potasio
[Ar] 4s¹

17

47.867
47.867
47.867
Ca
Calcio
[Ar] 4s²

18

50.9415
50.9415
50.9415
Sc
Escandio
[Ar] 3d¹ 4s²

19

51.99616
51.99616
51.99616
Ti
Titanio
[Ar] 3d² 4s²

20

54.938044
54.938044
54.938044
V
Vanadio
[Ar] 3d³ 4s²

21

55.845
55.845
55.845
Cr
Cromo
[Ar] 3d⁵ 4s¹

22

58.933194
58.933194
58.933194
Mn
Manganeso
[Ar] 3d⁵ 4s²

23

58.933194
58.933194
58.933194
Fe
Hierro
[Ar] 3d⁶ 4s²

24

58.933194
58.933194
58.933194
Co
Cobalto
[Ar] 3d⁷ 4s²

25

58.933194
58.933194
58.933194
Ni
Níquel
[Ar] 3d⁸ 4s²

26

63.546
63.546
63.546
Cu
Cobre
[Ar] 3d¹⁰ 4s¹

27

65.38
65.38
65.38
Zn
Zinc
[Ar] 3d¹⁰ 4s²

28

69.723
69.723
69.723
Ga
Galio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p¹

29

72.64
72.64
72.64
Ge
Germanio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p²

30

74.92160
74.92160
74.92160
As
Arsénico
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p³

31

78.96
78.96
78.96
Se
Selenio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁴

32

79.904
79.904
79.904
Br
Bromo
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁵

33

83.798
83.798
83.798
Kr
Kriptón
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁶

34

85.4678
85.4678
85.4678
Rb
Rubidio
[Kr] 5s¹

35

87.62
87.62
87.62
Sr
Estroncio
[Kr] 5s²

36

88.90585
88.90585
88.90585
Y
Itrio
[Kr] 4d¹ 5s²

37

91.224
91.224
91.224
Zr
Zirconio
[Kr] 4d² 5s²

38

92.90638
92.90638
92.90638
Nb
Niobio
[Kr] 4d⁴ 5s¹

39

95.96
95.96
95.96
Mo
Molibdeno
[Kr] 4d⁵ 5s¹

40

101.07
101.07
101.07
Tc
Tecnecio
[Kr] 4d⁵ 5s²

41

101.07
101.07
101.07
Ru
Rutenio
[Kr] 4d⁷ 5s¹

42

102.9055
102.9055
102.9055
Rh
Rodio
[Kr] 4d⁸ 5s¹

43

106.42
106.42
106.42
Pd
Paladio
[Kr] 4d¹⁰ 5s⁰

44

107.8682
107.8682
107.8682
Ag
Plata
[Kr] 4d¹⁰ 5s¹

45

112.411
112.411
112.411
Cd
Cadmio
[Kr] 4d¹⁰ 5s²

46

114.818
114.818
114.818
In
Indio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p¹

47

118.710
118.710
118.710
Sn
Estañio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p²

48

121.760
121.760
121.760
Sb
Antimonio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p³

49

127.60
127.60
127.60
Te
Telurio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁴

50

126.9044
126.9044
126.9044
I
Yodo
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁵

51

131.293
131.293
131.293
Xe
Xenón
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁶

52

132.9054
132.9054
132.9054
Cs
Cesio
[Xe] 6s¹

53

137.327
137.327
137.327
Ba
Bario
[Xe] 6s²

54

140.914
140.914
140.914
La
Lantano
[Xe] 4f¹ 5d¹ 6s²

55

174.967
174.967
174.967
Ce
Cerio
[Xe] 4f¹ 5d¹ 6s²

56

175.077
175.077
175.077
Pr
Praseodimio
[Xe] 4f² 5d¹ 6s²

57

176.9327
176.9327
176.9327
Nd
Neodimio
[Xe] 4f³ 5d¹ 6s²

58

177.0907
177.0907
177.0907
Pm
Prometio
[Xe] 4f⁴ 5d¹ 6s²

59

178.49
178.49
178.49
Sm
Samario
[Xe] 4f⁶ 6s²

60

180.947
180.947
180.947
Eu
Europio
[Xe] 4f⁷ 6s²

61

183.84
183.84
183.84
Gd
Gadolinio
[Xe] 4f⁷ 5d¹ 6s²

62

187.316
187.316
187.316
Tb
Terbio
[Xe] 4f⁹ 6s²

63

188.906
188.906
188.906
Dy
Disprosio
[Xe] 4f¹⁰ 6s²

64

190.23
190.23
190.23
Ho
Holmio
[Xe] 4f¹¹ 6s²

65

192.22
192.22
192.22
Er
Erbio
[Xe] 4f¹² 6s²

66

194.222
194.222
194.222
Tm
Terbio
[Xe] 4f¹³ 6s²

67

196.9665
196.9665
196.9665
Yb
Iterbio
[Xe] 4f¹⁴ 6s²

68

200.59
200.59
200.59
Lu
Lutecio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹ 6s²

69

200.59
200.59
200.59
Hf
Hafnio
[Xe] 4f¹⁴ 5d² 6s²

70

200.59
200.59
200.59
Ta
Tantalio
[Xe] 4f¹⁴ 5d³ 6s²

71

200.59
200.59
200.59
W
Wolframio
[Xe] 4f¹⁴ 5d⁴ 6s²

72

200.59
200.59
200.59
Re
Renio
[Xe] 4f¹⁴ 5d⁵ 6s²

73

200.59
200.59
200.59
Os
Osmio
[Xe] 4f¹⁴ 5d⁶ 6s²

74

200.59
200.59
200.59
Ir
Iridio
[Xe] 4f¹⁴ 5d⁷ 6s²

75

200.59
200.59
200.59
Pt
Platino
[Xe] 4f¹⁴ 5d⁹ 6s¹

76

200.59
200.59
200.59
Au
Oro
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s¹

77

200.59
200.59
200.59
Hg
Mercurio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s²

78

200.59
200.59
200.59
Tl
Talio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p¹

79

200.59
200.59
200.59
Pb
Plomo
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p²

80

200.59
200.59
200.59
Bi
Bismuto
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p³

81

200.59
200.59
200.59
Po
Polonio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁴

82

200.59
200.59
200.59
At
Astato
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁵

83

200.59
200.59
200.59
Rn
Radón
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁶

84

223
223
223
Fr
Francio
[Ra] 7s¹

85

226
226
226
Ra
Radio
[Ra] 7s²

86

227
227
227
Ac
Actinio
[Rn] 5f¹ 6d¹ 7s²

87

227
227
227
Th
Torio
[Rn] 5f¹ 6d² 7s²

88

232
232
232
Pa
Protactinio
[Rn] 5f² 6d¹ 7s²

89

238
238
238
U
Uranio
[Rn] 5f³ 6d¹ 7s²

90

238
238
238
Np
Neptunio
[Rn] 5f⁴ 6d¹ 7s²

91

238
238
238
Pu
Plutonio
[Rn] 5f⁶ 7s²

92

238
238
238
Am
Americio
[Rn] 5f⁷ 7s²

93

238
238
238
Cm
Curio
[Rn] 5f⁸ 7s²

94

238
238
238
Bk
Berkelio
[Rn] 5f⁹ 7s²

95

238
238
238
Cf
Californio
[Rn] 5f¹⁰ 7s²

96

238
238
238
Es
Einsteinio
[Rn] 5f¹¹ 7s²

97

238
238
238
Fm
Fermio
[Rn] 5f¹² 7s²

98

238
238
238
Md
Mendelevio
[Rn] 5f¹³ 7s²

99

238
238
238
No
Nobelio
[Rn] 5f¹⁴ 7s²

100

238
238
238
Lr
Lawrencio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹ 7s²

101

238
238
238
Db
Dubnio
[Rn] 5f¹⁴ 6d² 7s²

102

238
238
238
Sg
Seaborgio
[Rn] 5f¹⁴ 6d³ 7s²

103

238
238
238
Bh
Bohrio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁴ 7s²

104

238
238
238
Hs
Hassio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁵ 7s²

105

238
238
238
Mt
Meitnerio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁶ 7s²

106

238
238
238
Ds
Darmstadtio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁷ 7s²

107

238
238
238
Rg
Roentgenio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁸ 7s²

108

238
238
238
Cn
Copernicio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

109

238
238
238
Uut
Ununtrio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p¹

110

238
238
238
Fl
Flerovio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p²

111

238
238
238
Uup
Ununpentio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p³

112

238
238
238
Lv
Livermorio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p⁴

113

238
238
238
Uus
Ununseptio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p⁵

114

238
238
238
Uuo
Ununoctio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p⁶

masa atómica
o número másico del
isotopo más estable

55.845

26

número atómico

762.5

1.83

electronegatividad

Fe

Hierro

[Ar] 3d⁶ 4s²

símbolo químico

nombre

configuración electrónica

estados de oxidación
más comunes están en negrita

+6
+5
+4
+3
+2
+1
-1
-2

metales alcalinos

alcalinotérreos

otros metales

metales de transición

lantánidos

actinidos

metaloides

no metales

halógenos

gases nobles

elementos desconocidos

masa de elementos
radiactivos entre
paréntesis

13

14

15

16

17

18

10.811
10.811
10.811
B
Boro
[He] 2s² 2p¹

12.0107
12.0107
12.0107
C
Carbono
[He] 2s² 2p²

14.0067
14.0067
14.0067
N
Nitrógeno
[He] 2s² 2p³

15.9994
15.9994
15.9994
O
Oxígeno
[He] 2s² 2p⁴

18.998403
18.998403
18.998403
F
Fluor
[He] 2s² 2p⁵

20.1797
20.1797
20.1797
Ne
Neón
[He] 2s² 2p⁶

26.98153
26.98153
26.98153
Al
Aluminio
[Ne] 3s² 3p¹

28.0855
28.0855
28.0855
Si
Silicio
[Ne] 3s² 3p²

30.97376
30.97376
30.97376
P
Fósforo
[Ne] 3s² 3p³

32.065
32.065
32.065
S
Azufre
[Ne] 3s² 3p⁴

35.453
35.453
35.453
Cl
Cloro
[Ne] 3s² 3p⁵

39.948
39.948
39.948
Ar
Argón
[Ne] 3s² 3p⁶

69.723
69.723
69.723
Ga
Galio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p¹

72.64
72.64
72.64
Ge
Germanio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p²

74.92160
74.92160
74.92160
As
Arsénico
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p³

78.96
78.96
78.96
Se
Selenio
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁴

79.904
79.904
79.904
Br
Bromo
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁵

83.798
83.798
83.798
Kr
Kriptón
[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁶

118.710
118.710
118.710
In
Indio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p¹

118.710
118.710
118.710
Sn
Estañio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p²

121.760
121.760
121.760
Sb
Antimonio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p³

127.60
127.60
127.60
Te
Telurio
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁴

126.9044
126.9044
126.9044
I
Yodo
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁵

131.293
131.293
131.293
Xe
Xenón
[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁶

200.59
200.59
200.59
Hg
Mercurio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s²

200.59
200.59
200.59
Tl
Talio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p¹

200.59
200.59
200.59
Pb
Plomo
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p²

200.59
200.59
200.59
Bi
Bismuto
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p³

200.59
200.59
200.59
Po
Polonio
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁴

200.59
200.59
200.59
At
Astato
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁵

200.59
200.59
200.59
Rn
Radón
[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁶

238
238
238
U
Uranio
[Rn] 5f³ 6d¹ 7s²

238
238
238
Np
Neptunio
[Rn] 5f⁴ 6d¹ 7s²

238
238
238
Pu
Plutonio
[Rn] 5f⁶ 7s²

238
238
238
Am
Americio
[Rn] 5f⁷ 7s²

238
238
238
Cm
Curio
[Rn] 5f⁸ 7s²

238
238
238
Bk
Berkelio
[Rn] 5f⁹ 7s²

238
238
238
Cf
Californio
[Rn] 5f¹⁰ 7s²

238
238
238
Es
Einsteinio
[Rn] 5f¹¹ 7s²

238
238
238
Fm
Fermio
[Rn] 5f¹² 7s²

238
238
238
Md
Mendelevio
[Rn] 5f¹³ 7s²

238
238
238
No
Nobelio
[Rn] 5f¹⁴ 7s²

238
238
238
Lr
Lawrencio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹ 7s²

238
238
238
Db
Dubnio
[Rn] 5f¹⁴ 6d² 7s²

238
238
238
Sg
Seaborgio
[Rn] 5f¹⁴ 6d³ 7s²

238
238
238
Bh
Bohrio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁴ 7s²

238
238
238
Hs
Hassio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁵ 7s²

238
238
238
Mt
Meitnerio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁶ 7s²

238
238
238
Ds
Darmstadtio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁷ 7s²

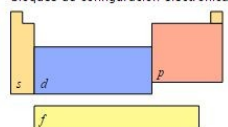
238
238
238
Rg
Roentgenio
[Rn] 5f¹⁴ 6d⁸ 7s²

238
238
238
Cn
Copernicio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

238
238
238
Uut
Ununtrio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s² 7p¹

238
238
238
Fl
Flerovio
[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7

bloques de configuración electrónica



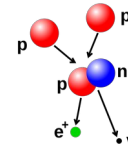
notas

- por ahora, los elementos 113, 115, 117 y 118 no tienen nombre oficial designado por la IUPAC.
- 1 kJ/mol $\approx$ 96.485 eV.
- todos los elementos tienen un estado de oxidación

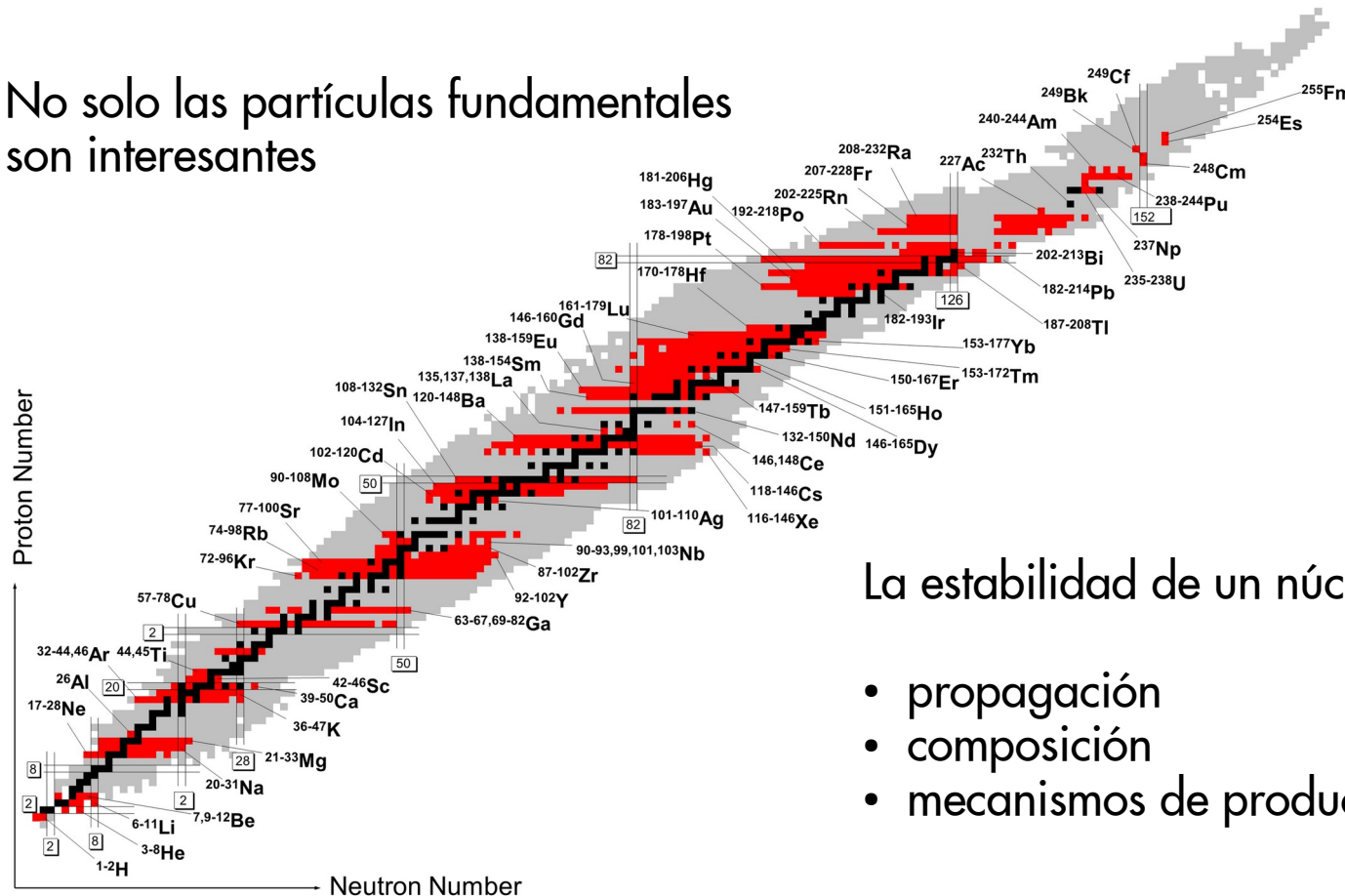
138.9054 138.9054 138.9054 La Lantano [Xe] 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140.116 140.116 140.116 Ce Cerio [Xe] 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140.9076 140.9076 140.9076 Pr Praseodimio [Xe] 4f ² 5d ¹ 6s ²	144.242 144.242 144.242 Nd Neodimio [Xe] 4f ³ 5d ¹ 6s ²	(145) (145) (145) Pm Prometio [Xe] 4f ⁴ 5d ¹ 6s ²	150.36 150.36 150.36 Sm Samario [Xe] 4f ⁶ 6s ²	151.964 151.964 151.964 Eu Europio [Xe] 4f ⁷ 6s ²	157.25 157.25 157.25 Gd Gadolinio [Xe] 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	158.9253 158.9253 158.9253 Tb Terbio [Xe] 4f ⁹ 6s ²	162.500 162.500 162.500 Dy Disprosio [Xe] 4f ¹⁰ 6s ²	164.9303 164.9303 164.9303 Ho Holmio [Xe] 4f ¹¹ 6s ²	167.259 167.259 167.259 Er Erbio [Xe] 4f ¹² 6s ²	168.9342 168.9342 168.9342 Tm Terbio [Xe] 4f ¹³ 6s ²	173.054 173.054 173.054 Yb Iterbio [Xe] 4f ¹⁴ 6s ²	(227) (227) (227) Ac Actinio [Rn] 5f ¹ 6d ¹ 7s ²	232.0380 232.0380 232.0380 Th Torio [Rn] 5f ¹ 6d ² 7s ²	232.0380 232.0380 232.0380 Pa Protactinio [Rn] 5f ² 6d ¹ 7s ²	238.0289 238.0289 238.0289 U Uranio [Rn] 5f ³ 6d ¹ 7s ²	(237) (237) (237) Np Neptunio [Rn] 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	(243) (243) (243) Pu Plutonio [Rn] 5f ⁶ 7s ²	(247) (247) (247) Am Americio [Rn] 5f ⁷ 7s ²	(251) (251) (251) Cm Curio [Rn] 5f ⁸ 7s ²	(257) (257) (257) Bk Berkelio [Rn] 5f ⁹ 7s ²	(258) (258) (258) Cf Californio [Rn] 5f ¹⁰ 7s ²	(264) (264) (264) Es Einsteinio [Rn] 5f ¹¹ 7s ²	(267) (267) (267) Fm Fermio [Rn] 5f ¹² 7s ²	(271) (271) (271) Md Mendelevio [Rn] 5f ¹³ 7s ²	(288) (288) (288) No Nobelio [Rn] 5f ¹⁴ 7s ²
---	--	---	---	---	---	--	---	--	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	--	---	--	--	--	--	---

Ladrillos: Física Nuclear

No solo las partículas fundamentales
son interesantes



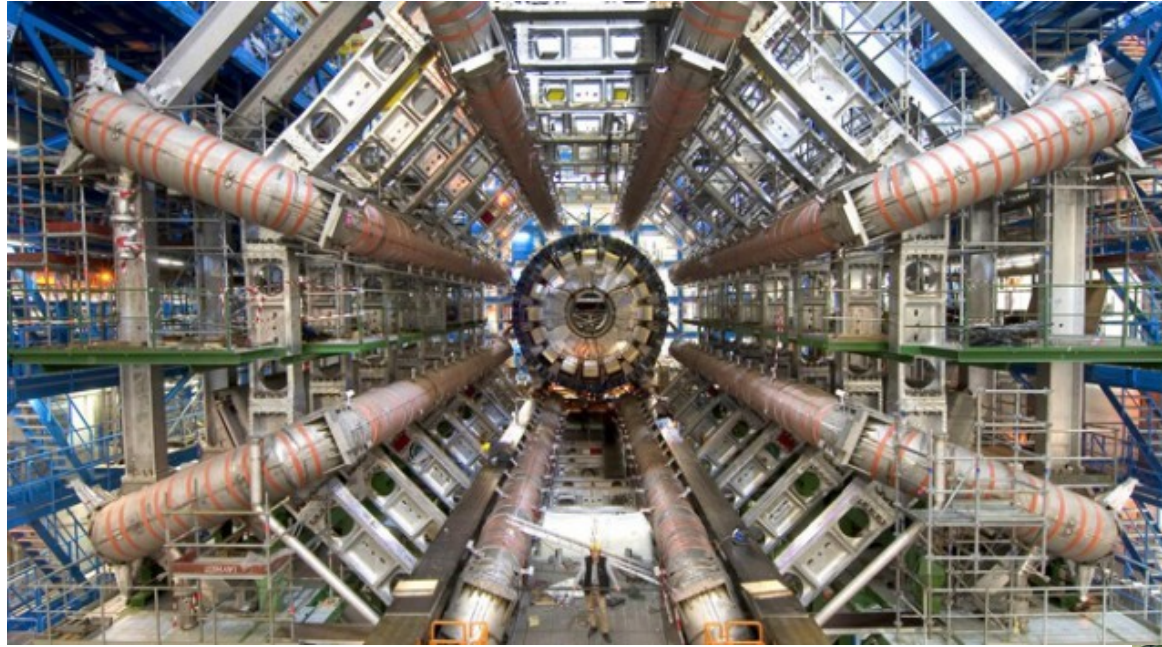
Nucleosíntesis



La estabilidad de un núcleo nos da información

- propagación
- composición
- mecanismos de producción

¿Cómo buscar lo fundamental?



Detector ATLAS

Gran colisionador de hadrones
frontera Franco-Suiza



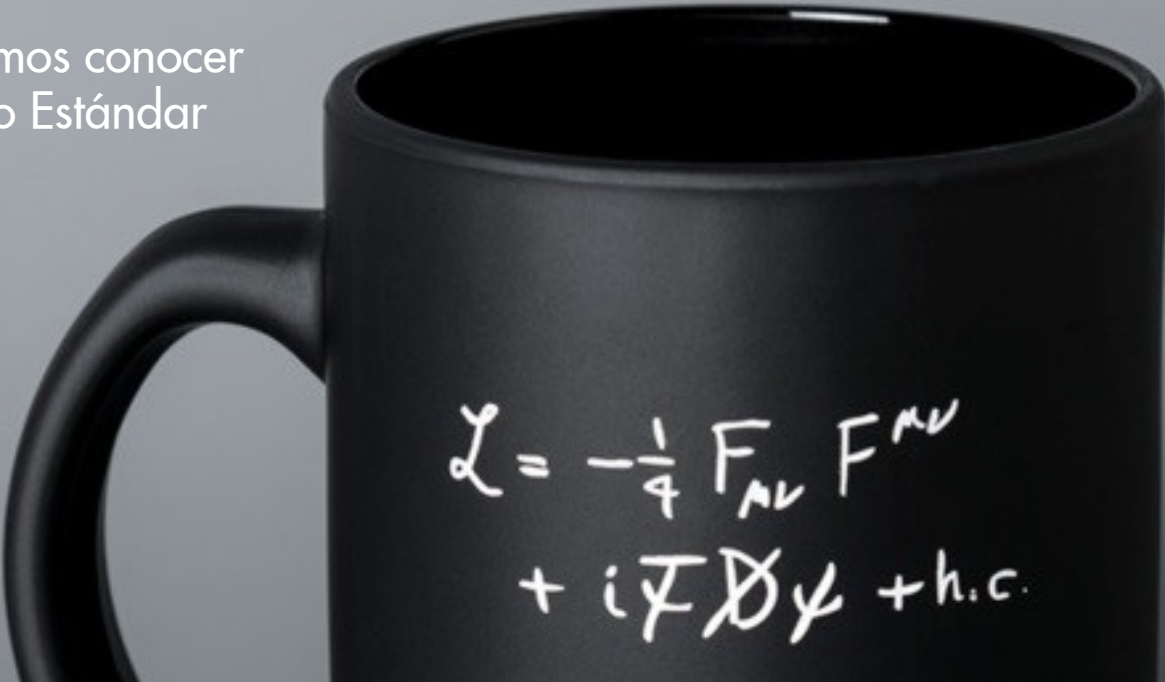
¿Cómo buscar lo fundamental?



Ladrillos fundamentales

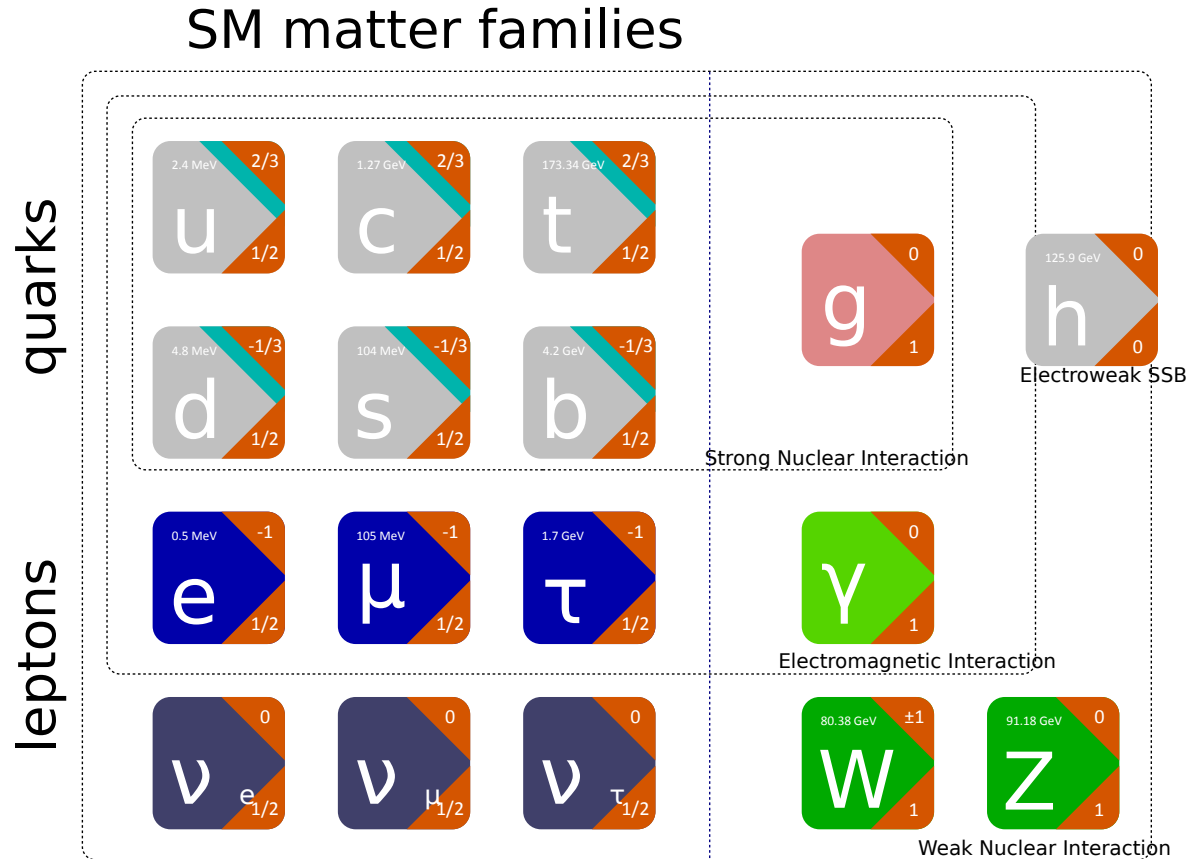
Para entender a las astropartículas necesitamos entender porque las partículas se comportan así.

Necesitamos conocer
el Modelo Estándar


$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\not{D}\psi + \text{h.c.}$$

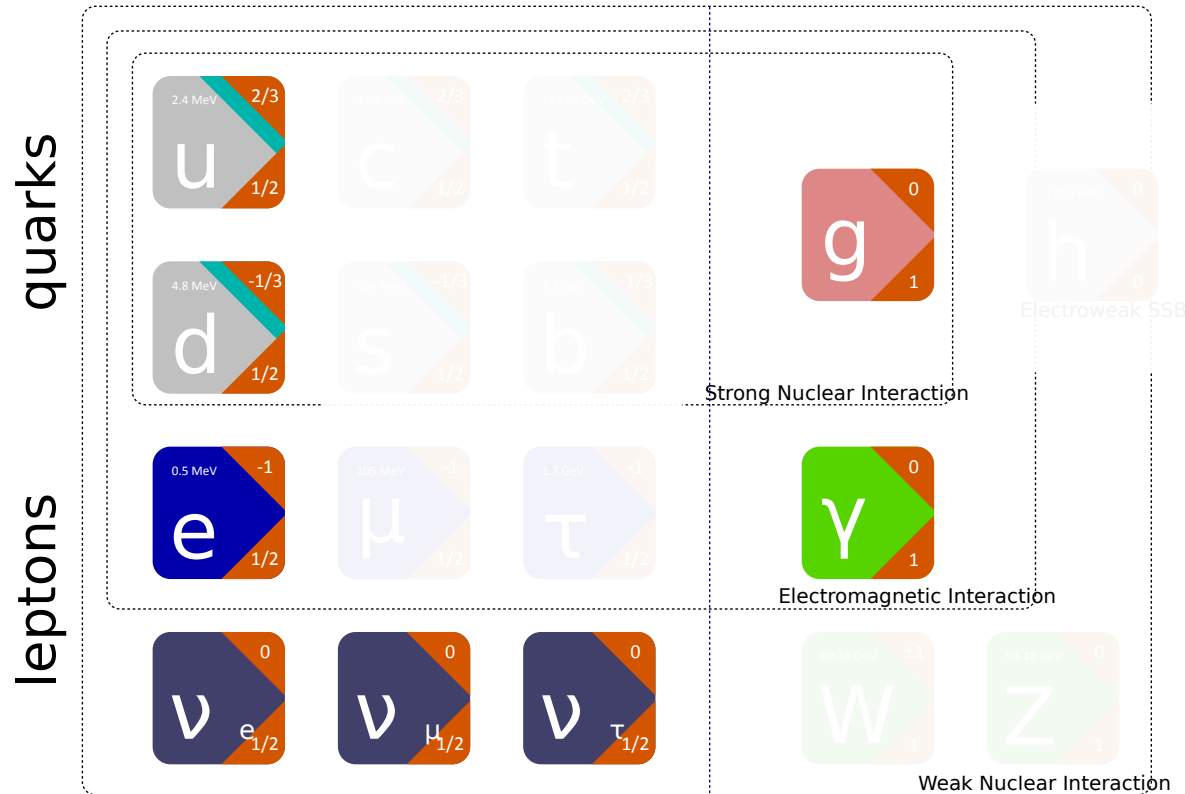
partículas y sus
interacciones

Modelo Estándar de la física de partículas

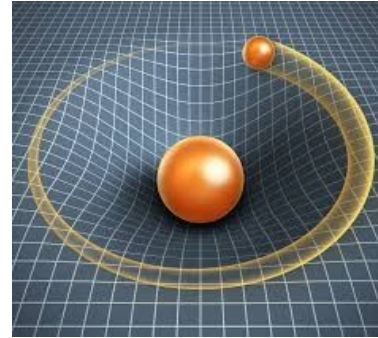
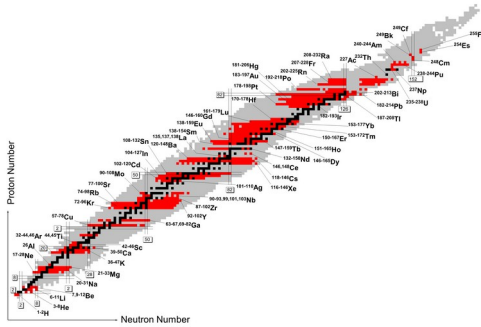
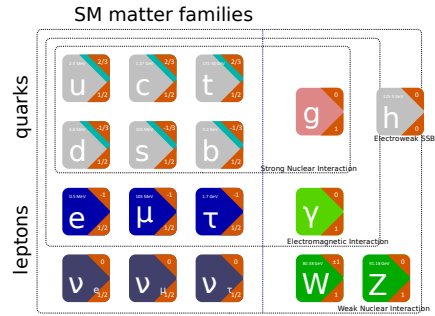


Modelo Estándar de la física de partículas

SM matter families



Éxito total!



Física de partículas

Física nuclear

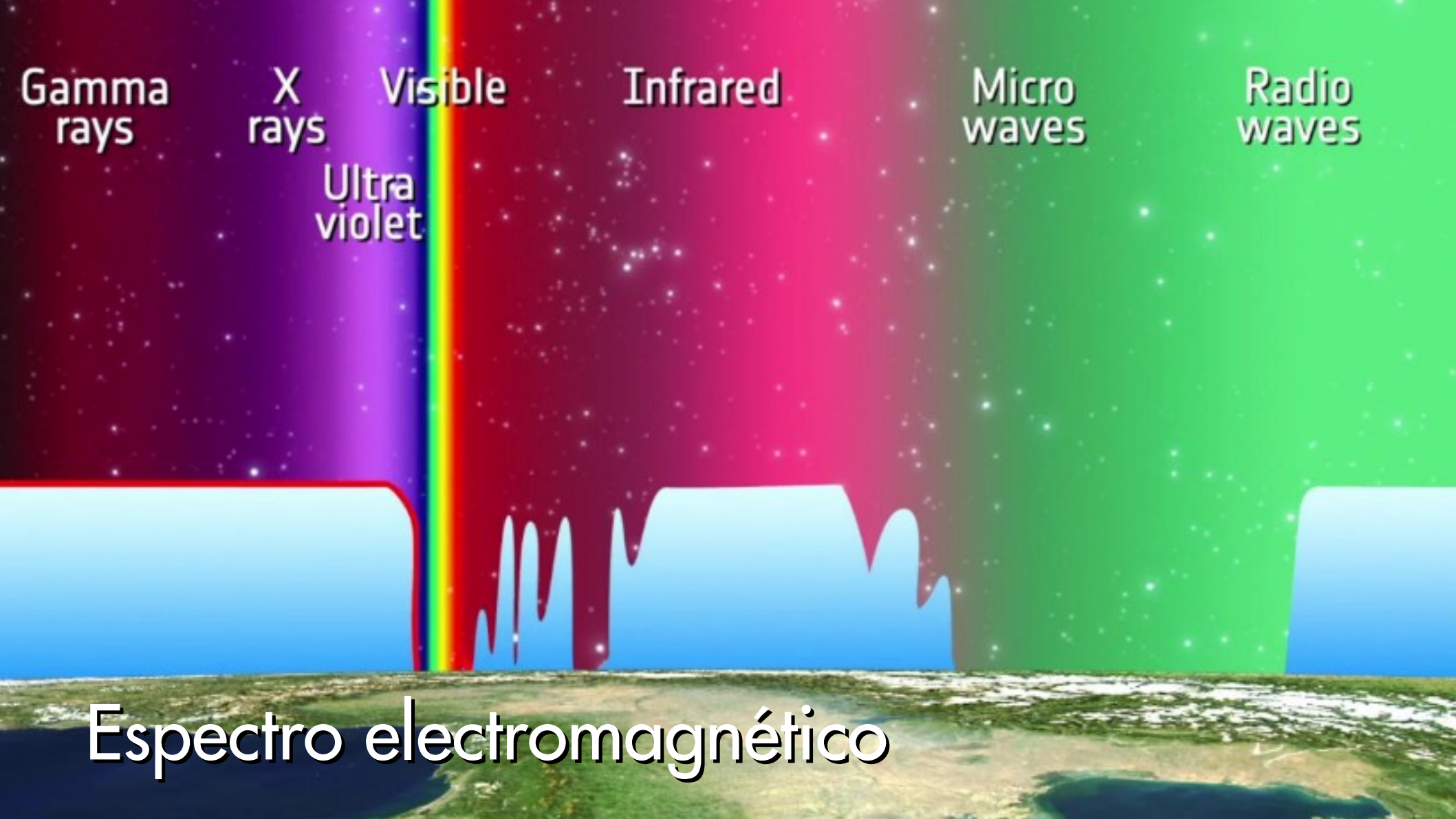


Gravedad

La mejor descripción de los objetos y sus interacciones que nos permiten describir el comportamiento del Universo



Luz y radiación electromagnética



Gamma
rays

X
rays

Visible
Ultra
violet

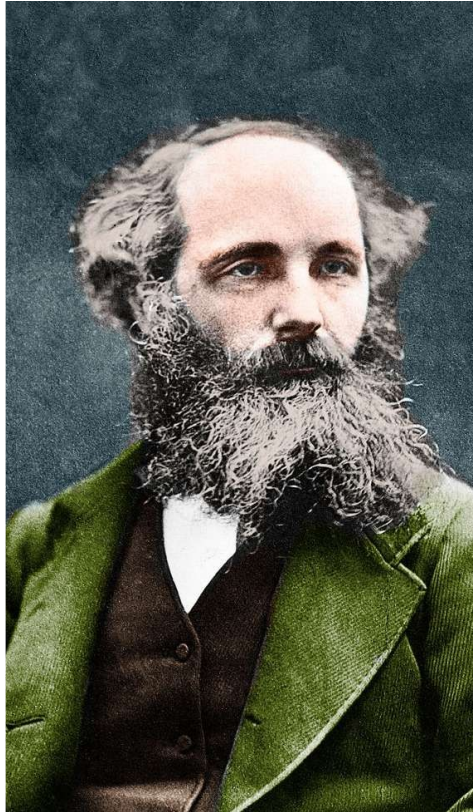
Infrared

Micro
waves

Radio
waves

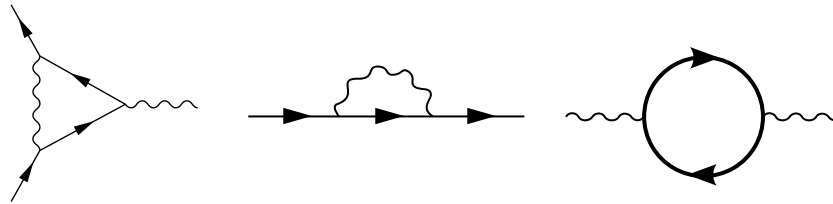
Espectro electromagnético

La luz, la electricidad, y el magnetismo



J. C. Maxwell (entre otros físicos)

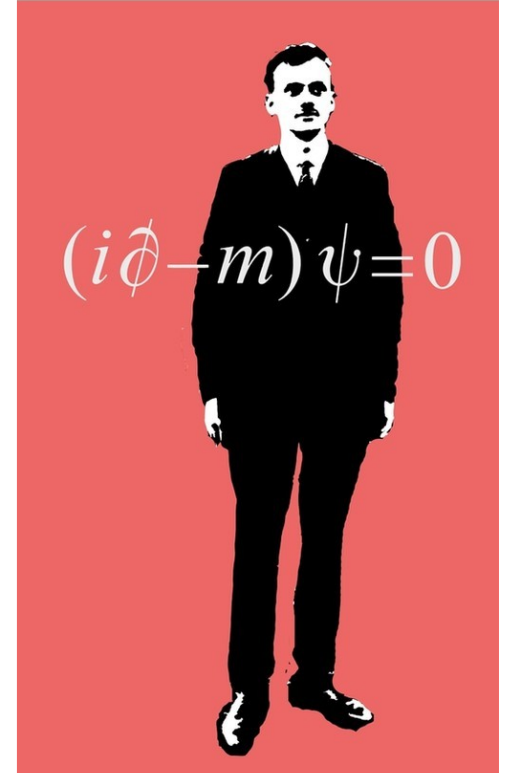
Unificación de la electricidad y el magnetismo.
Descripción de ondas electromagnéticas



Paul Dirac (entre muchos otros)

Descripción cuántica entre partículas cargadas
y el electromagnetismo.

Pilar del Modelo Estándar



Observatorios luz de altas energías



Fermi-LAT (Satélite)



HESS (Namibia), MAGIC (España),
CTA (España y Chile)

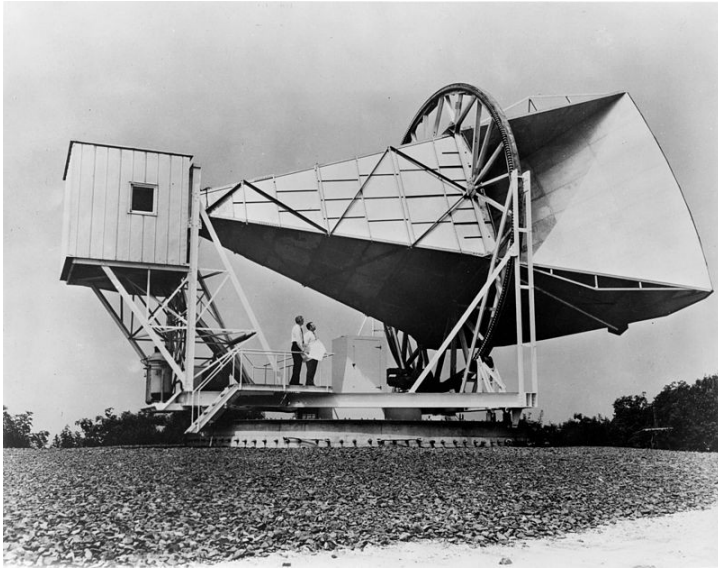


HAWC (México)

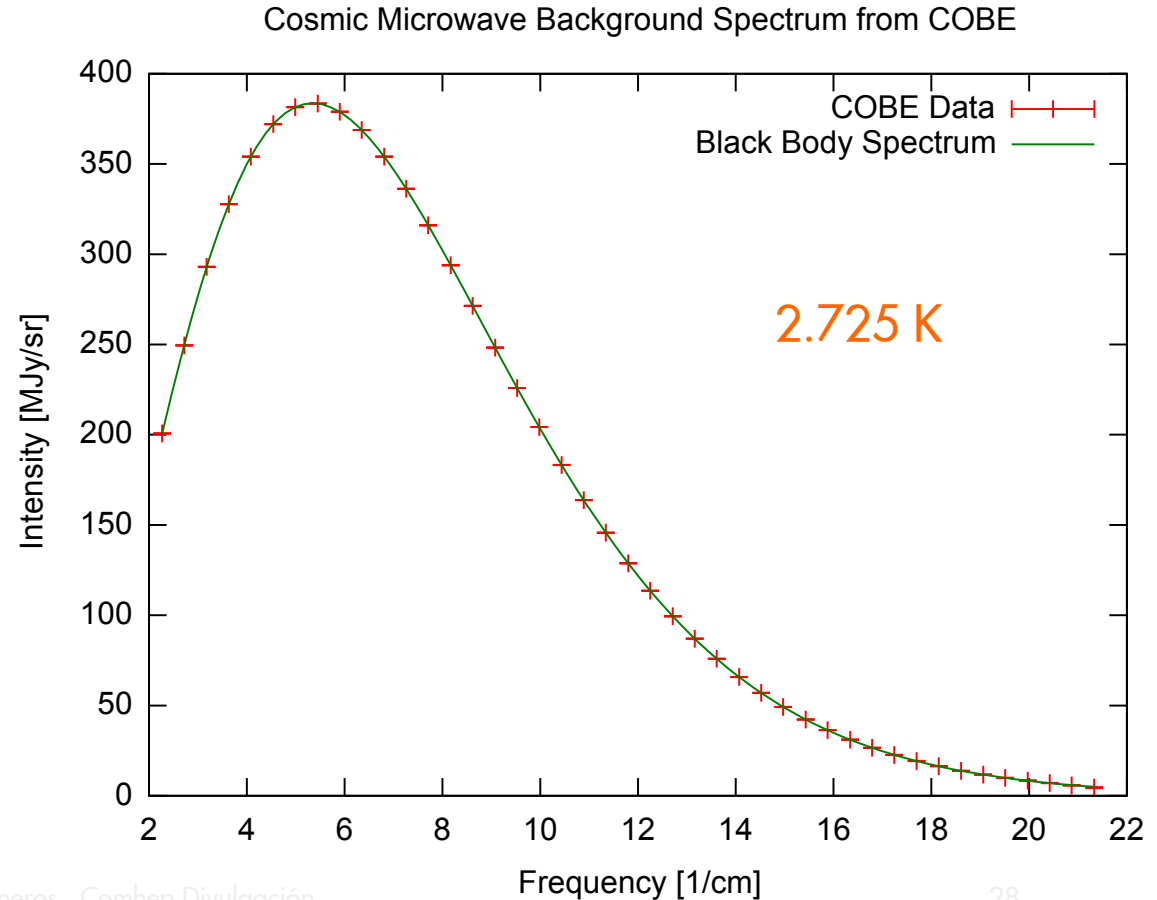
Observando Rayos Gamma

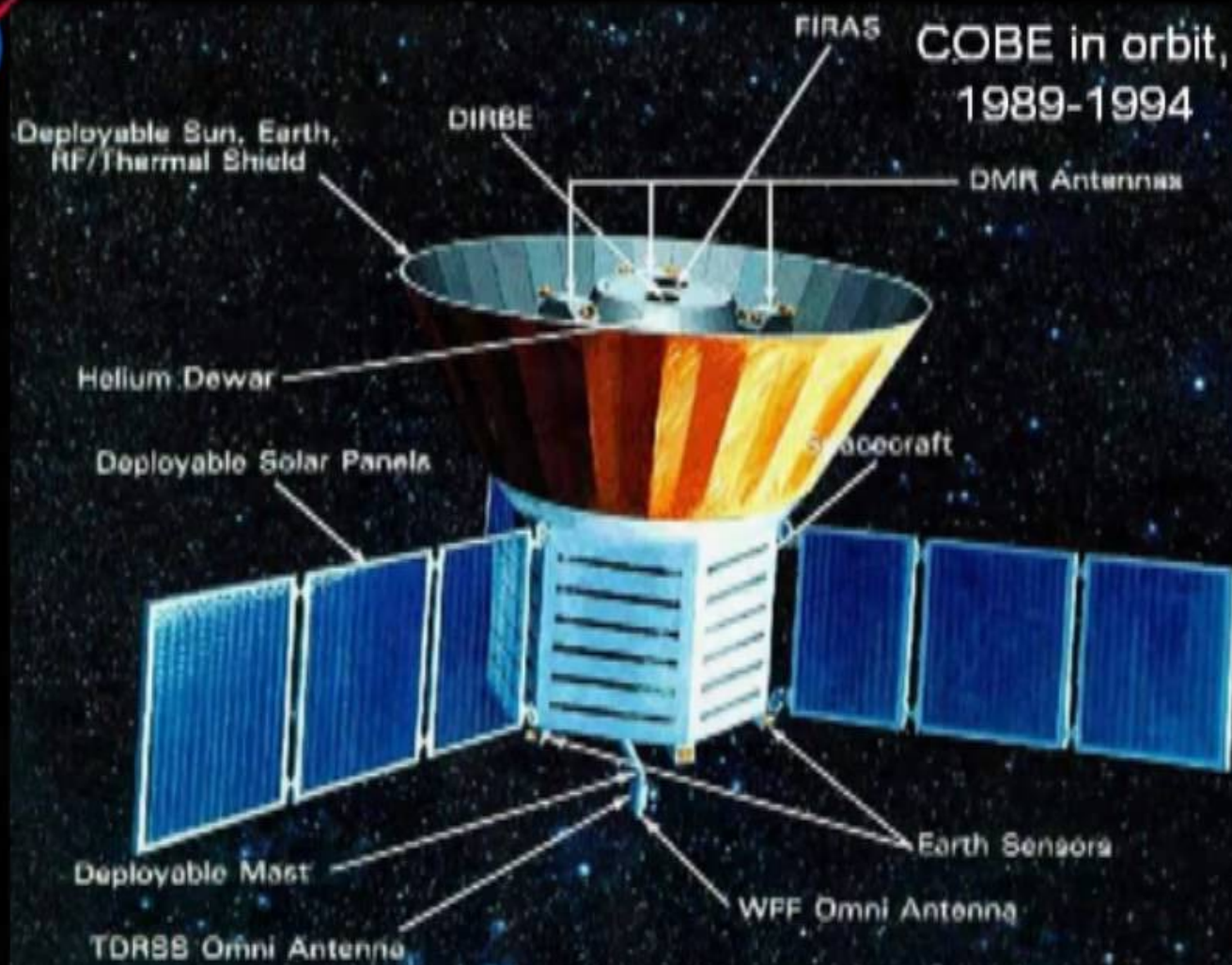


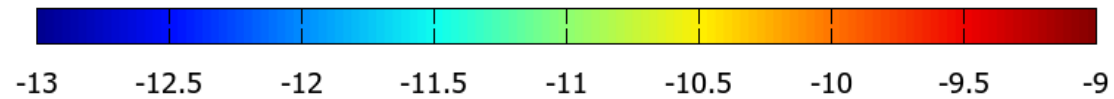
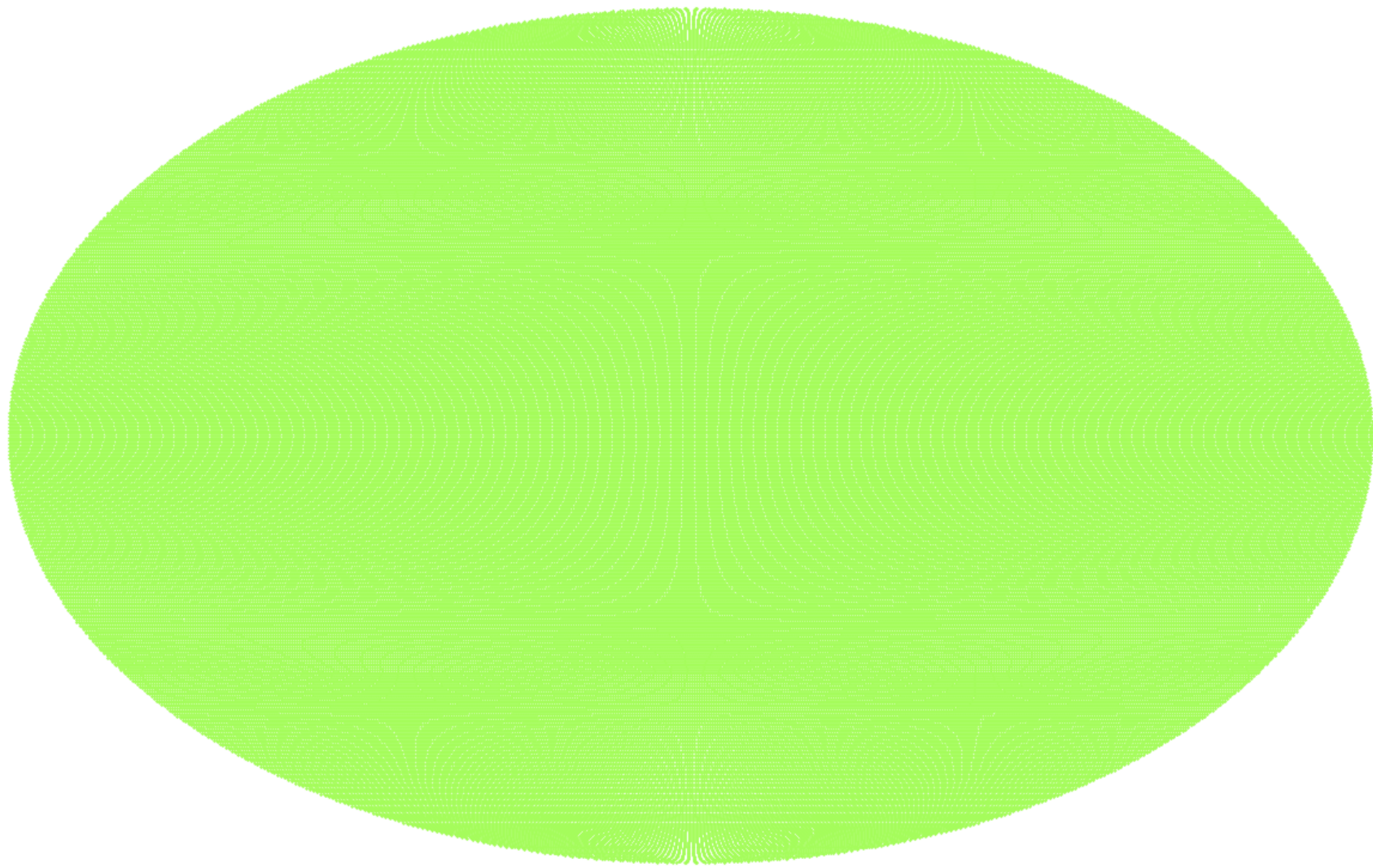
Fondo Cósmico de Microondas

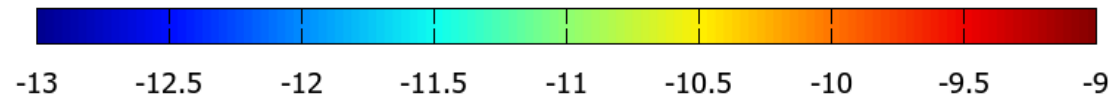
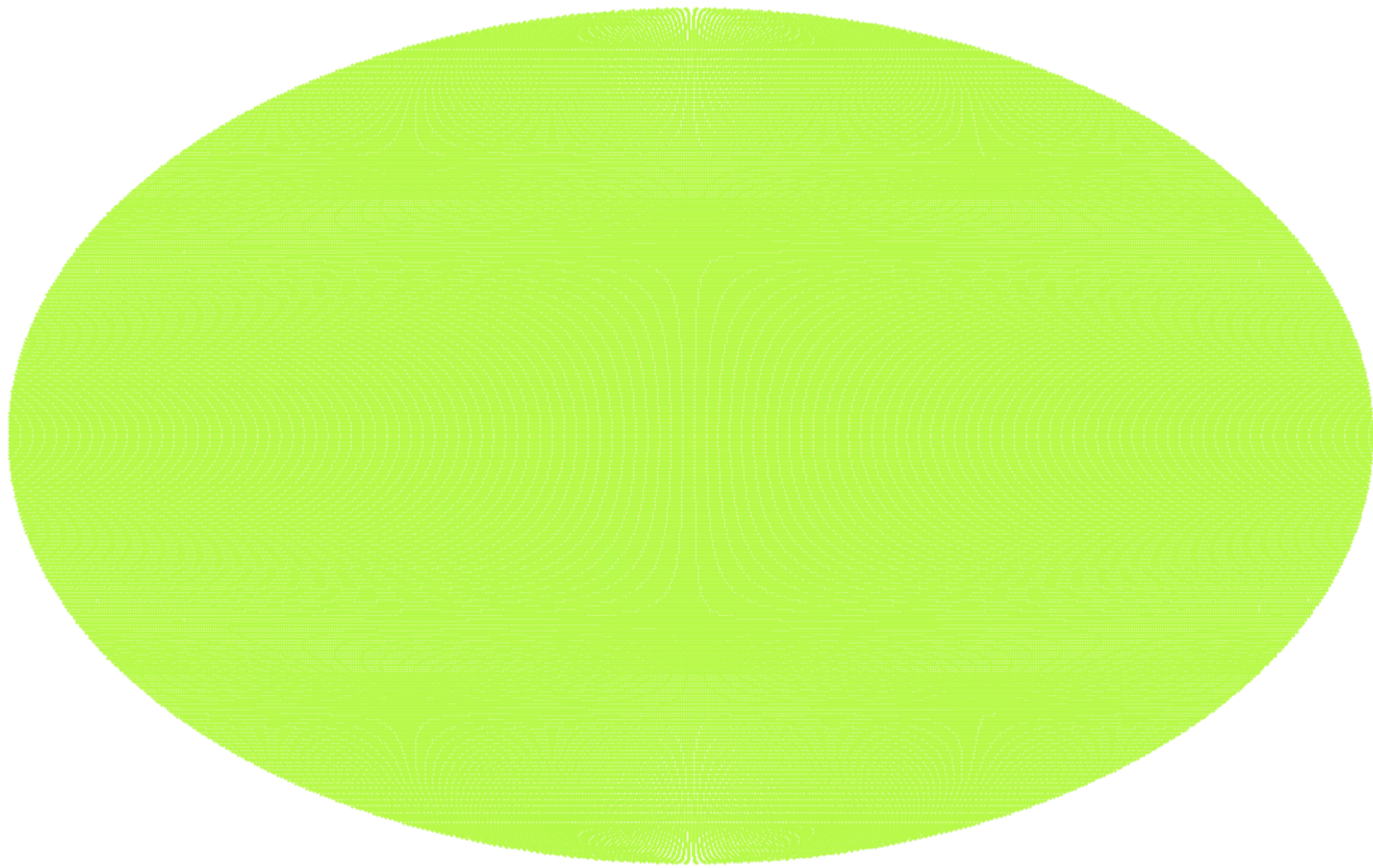


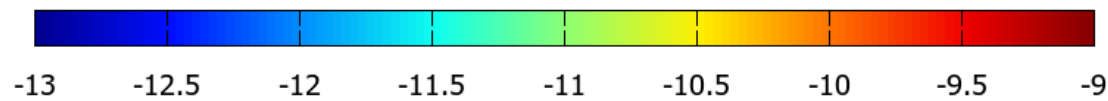
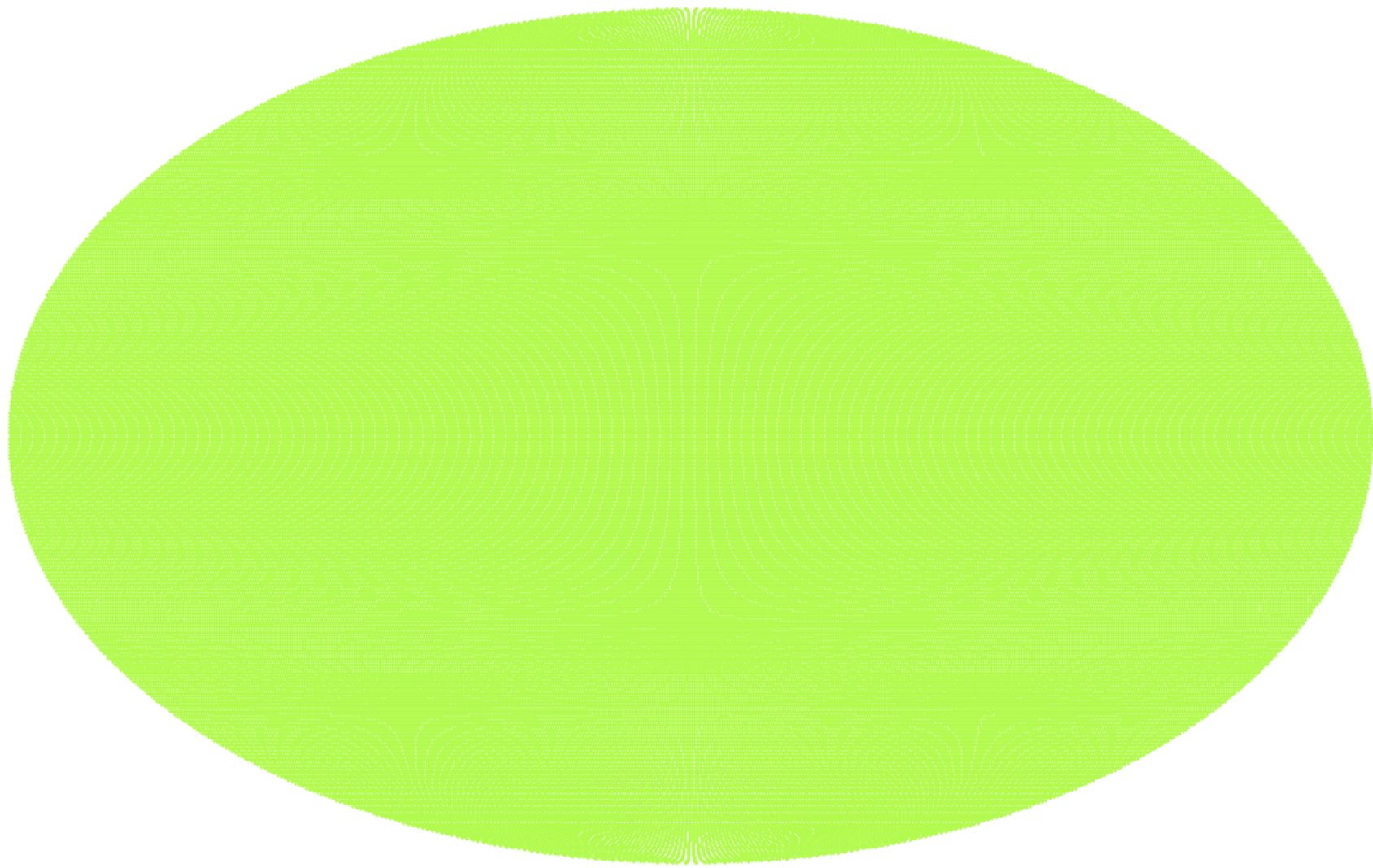
Penzias y Wilson descubren este fondo usando una antena

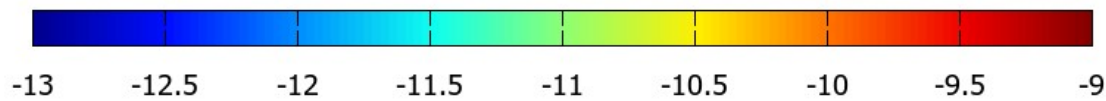
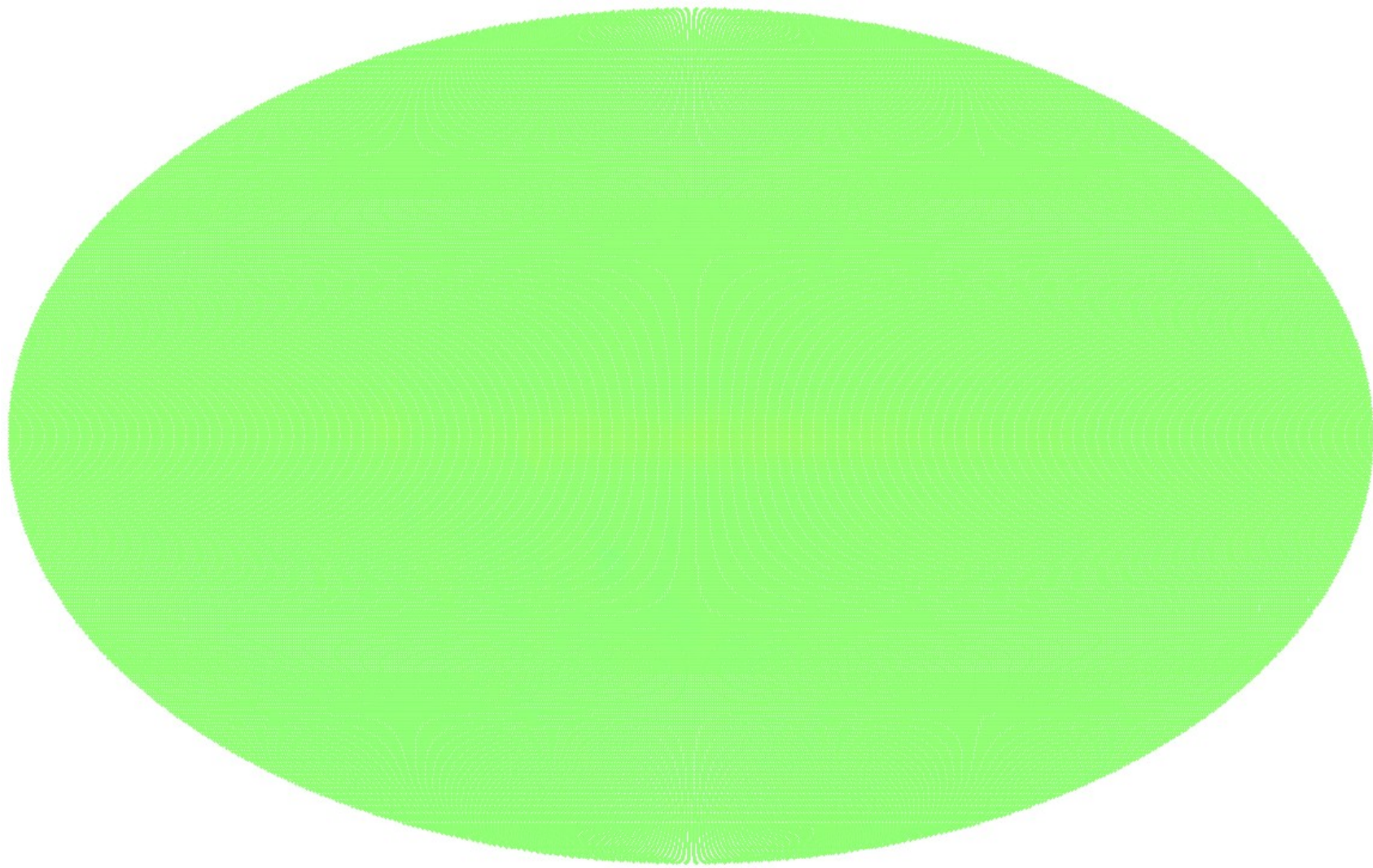


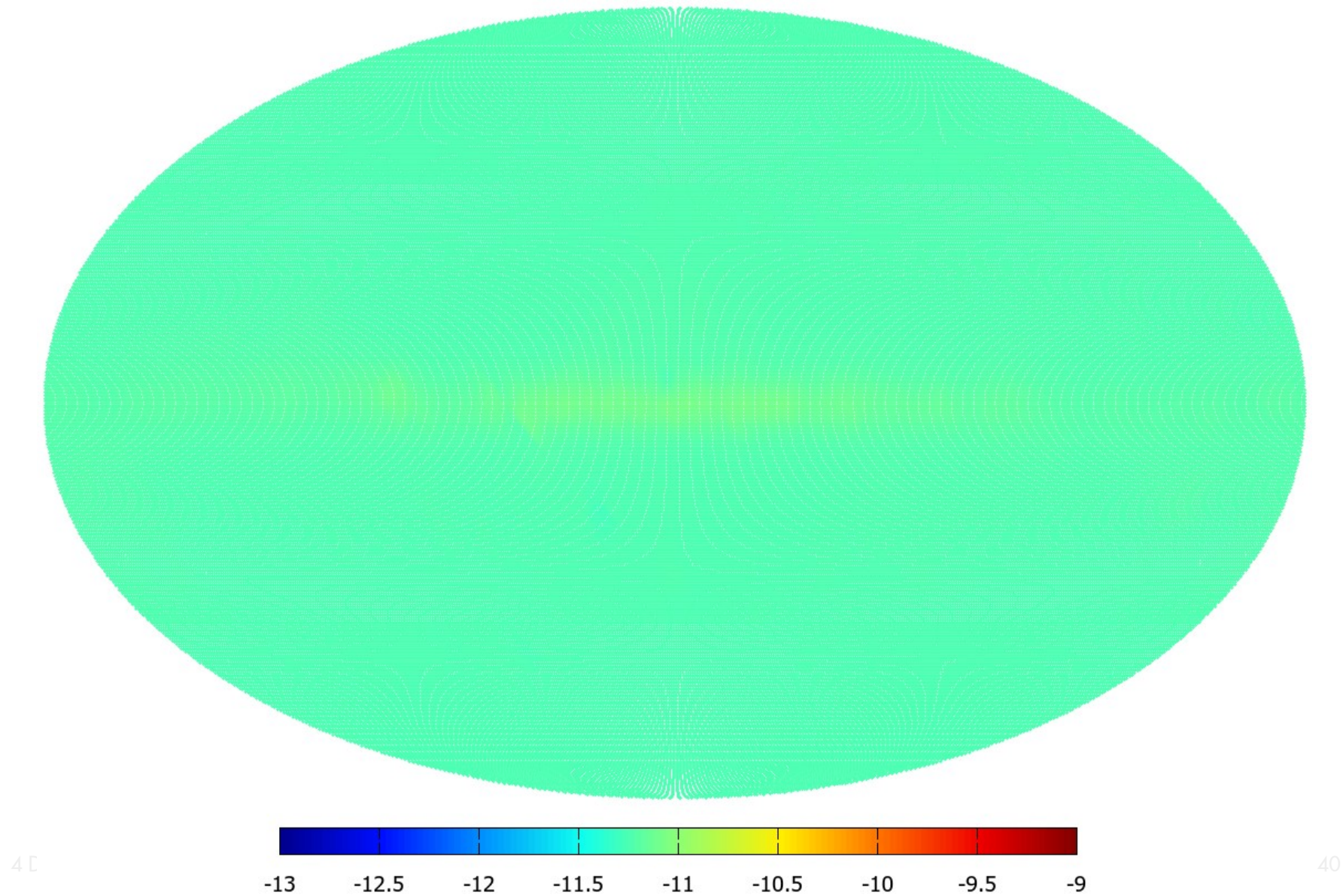


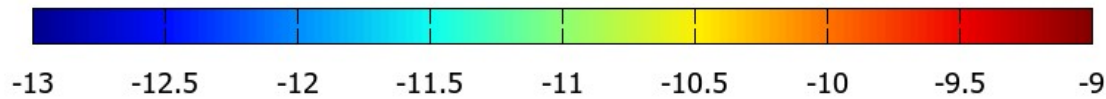
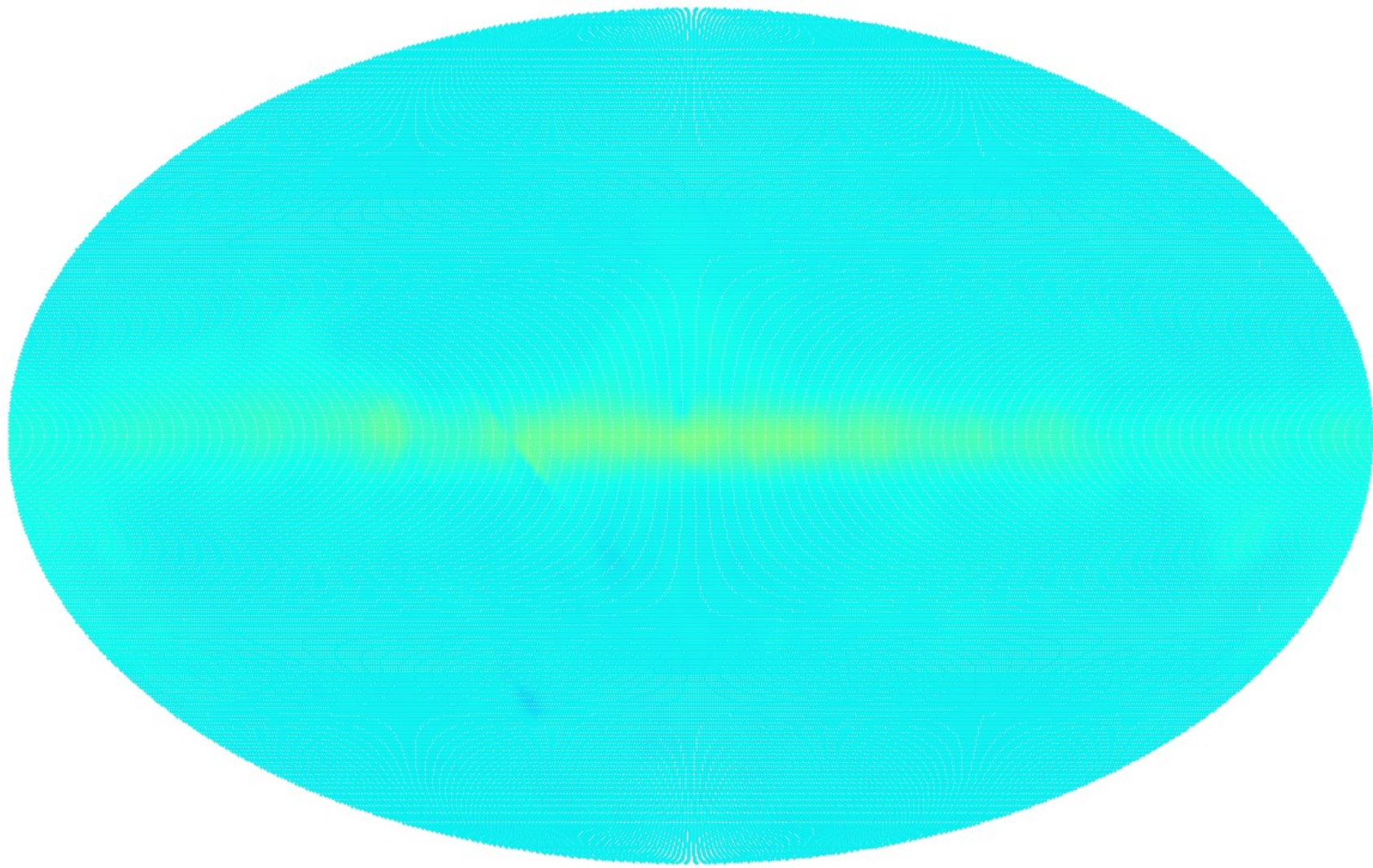


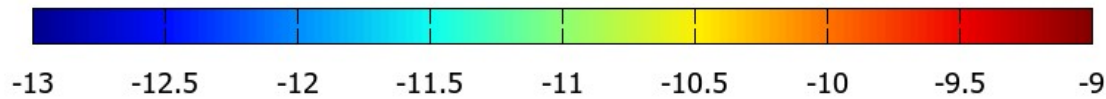
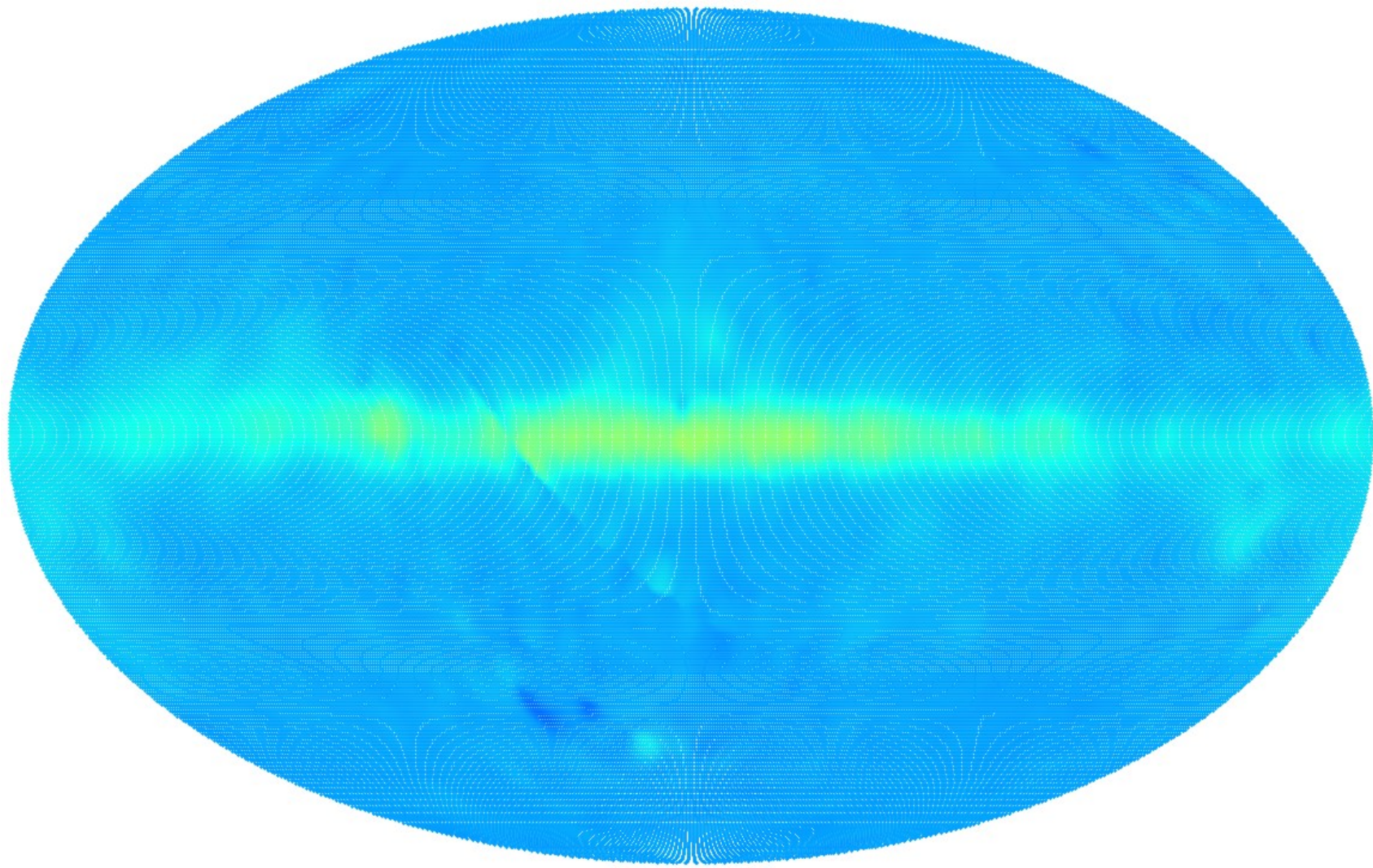


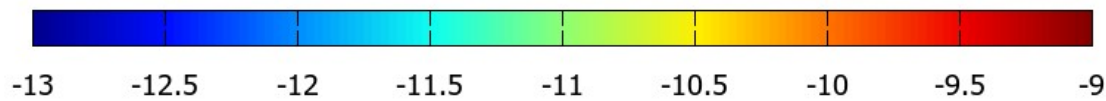
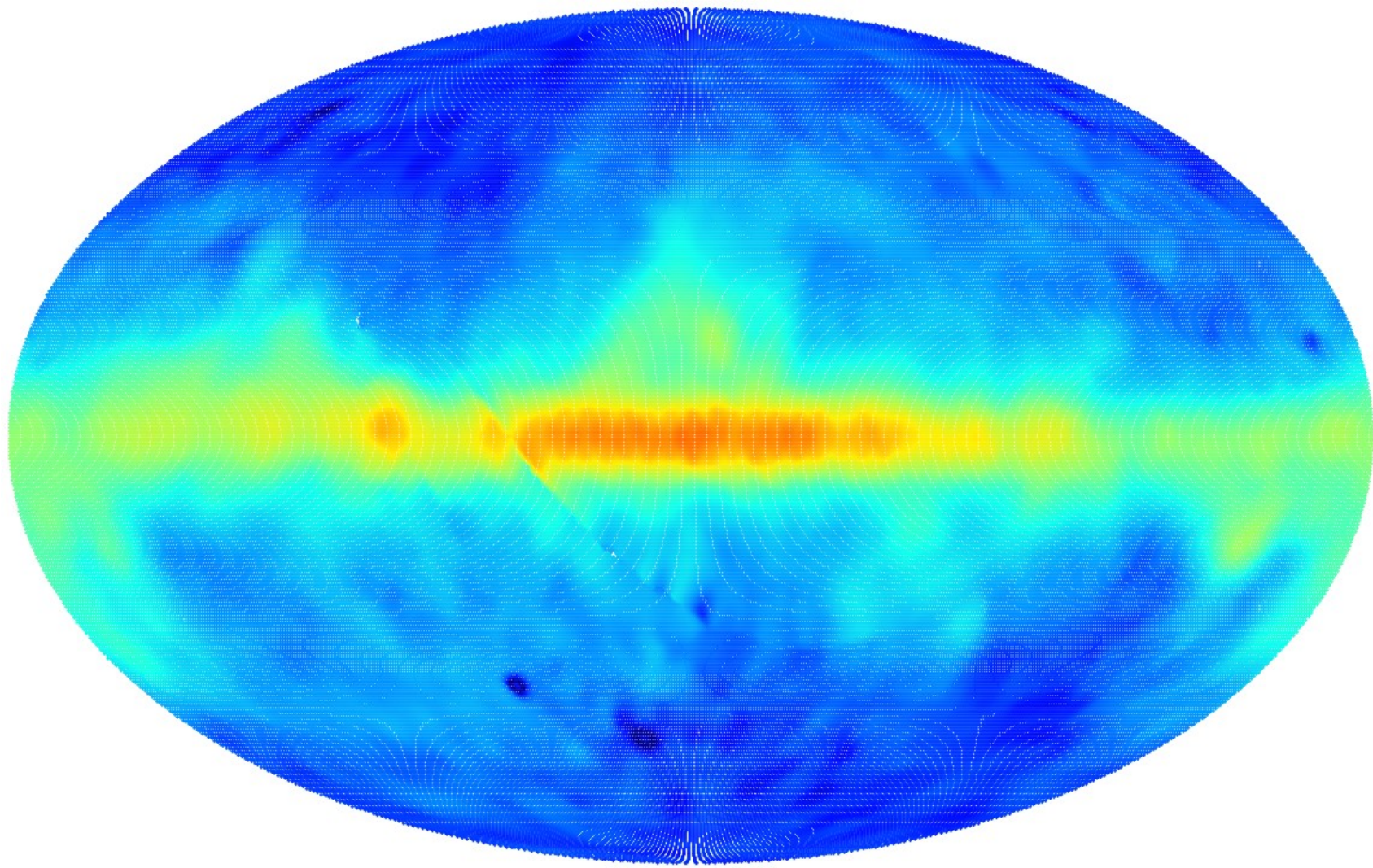


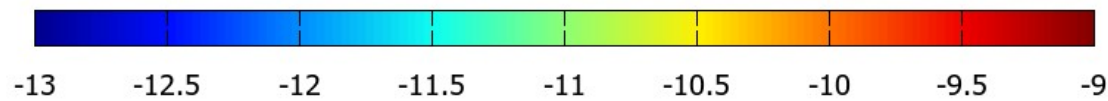
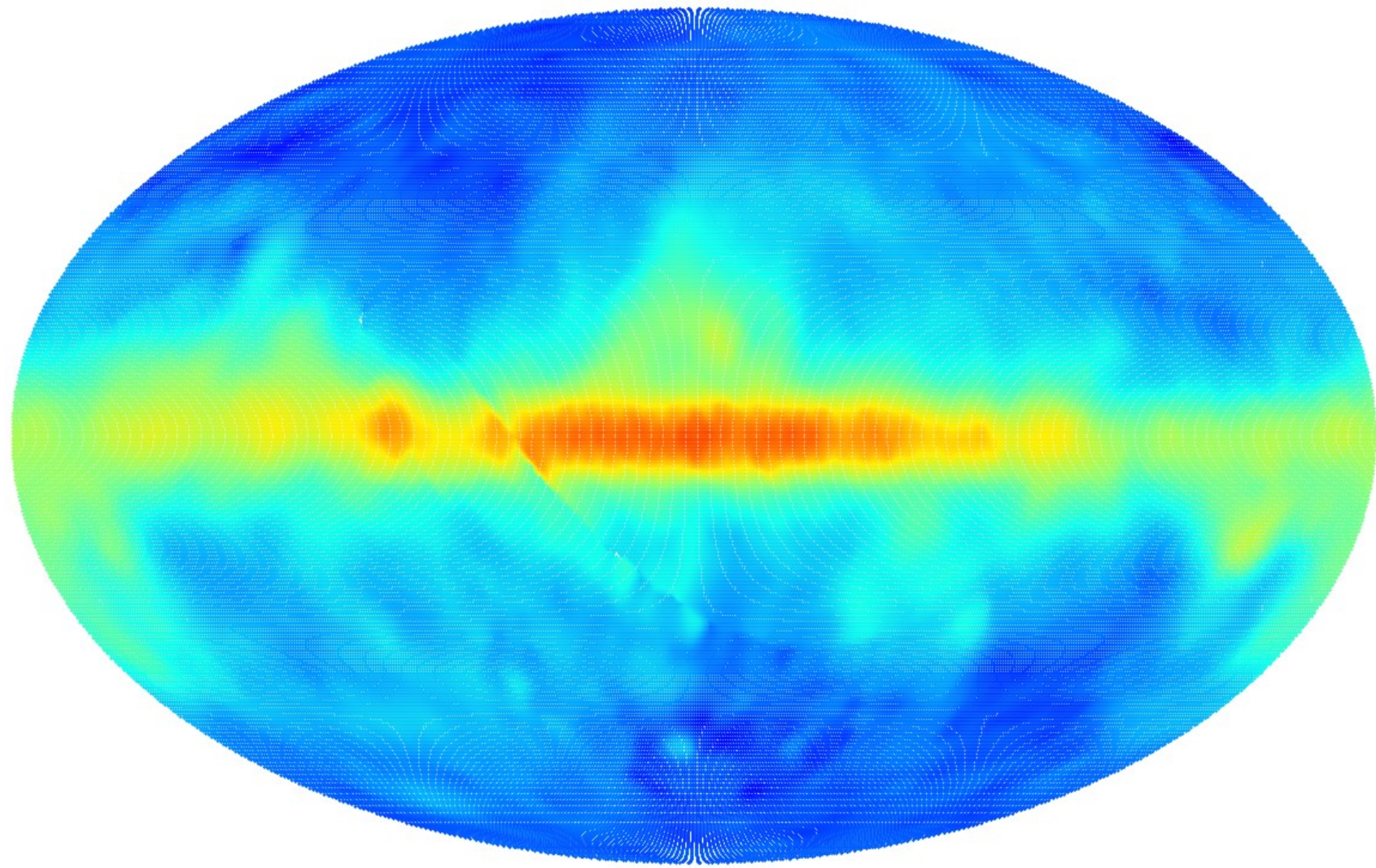


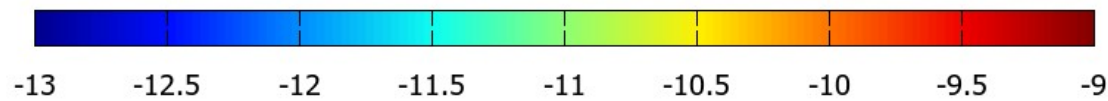
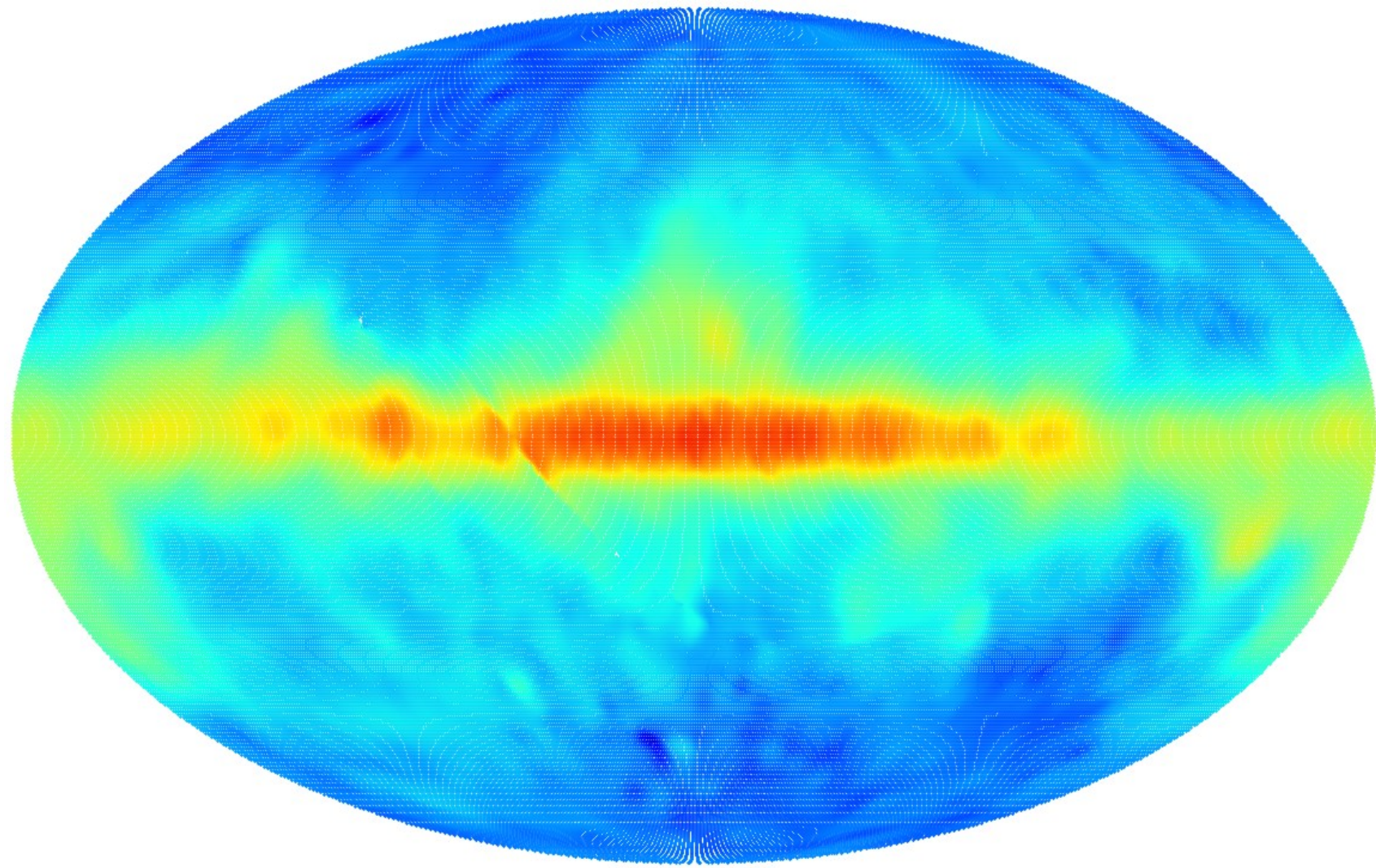


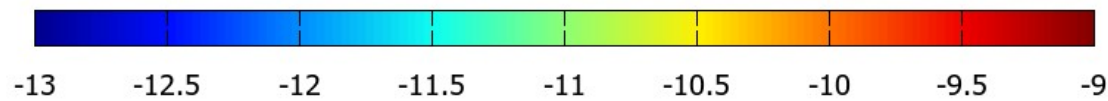
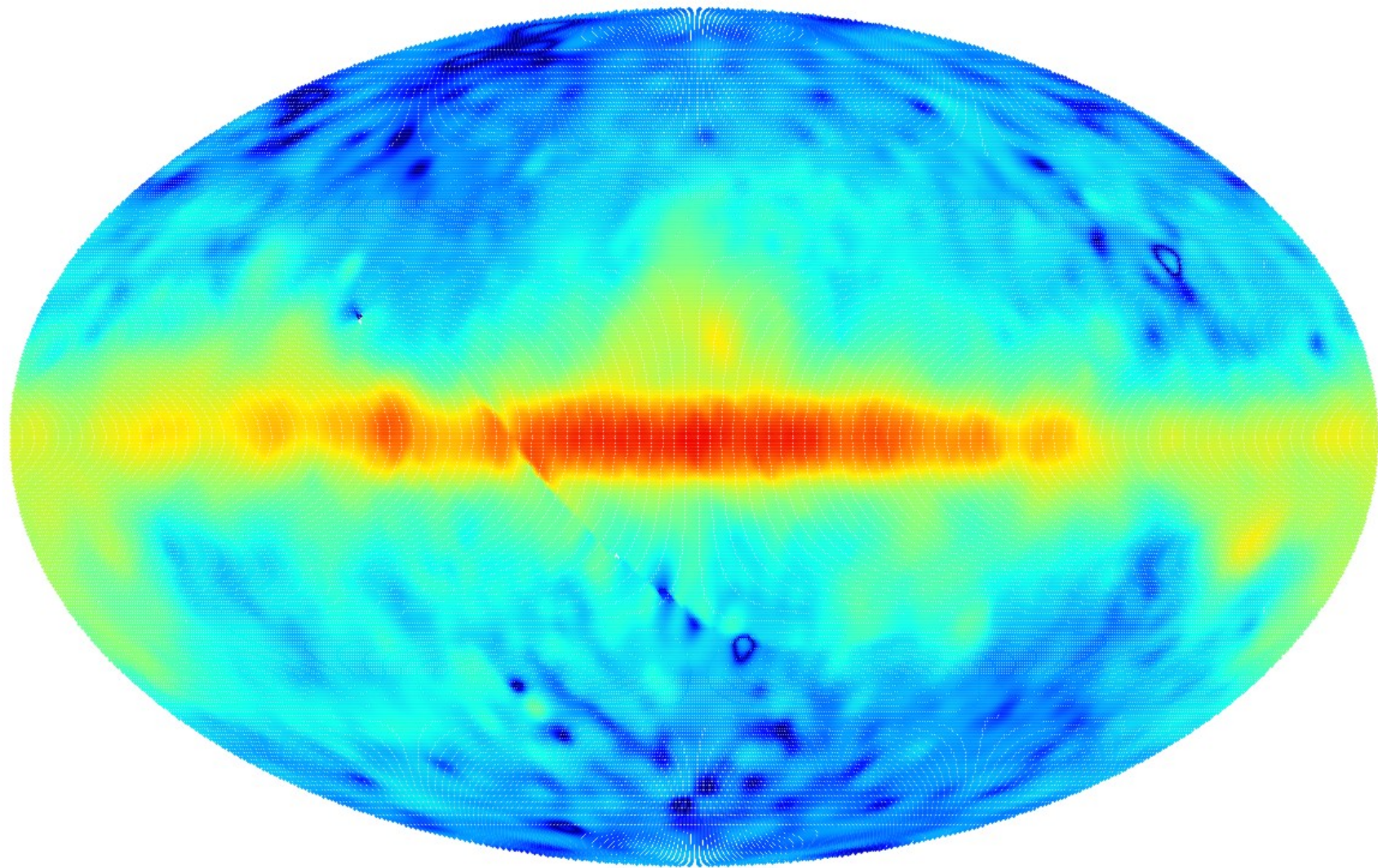


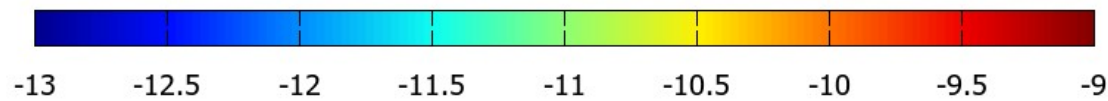
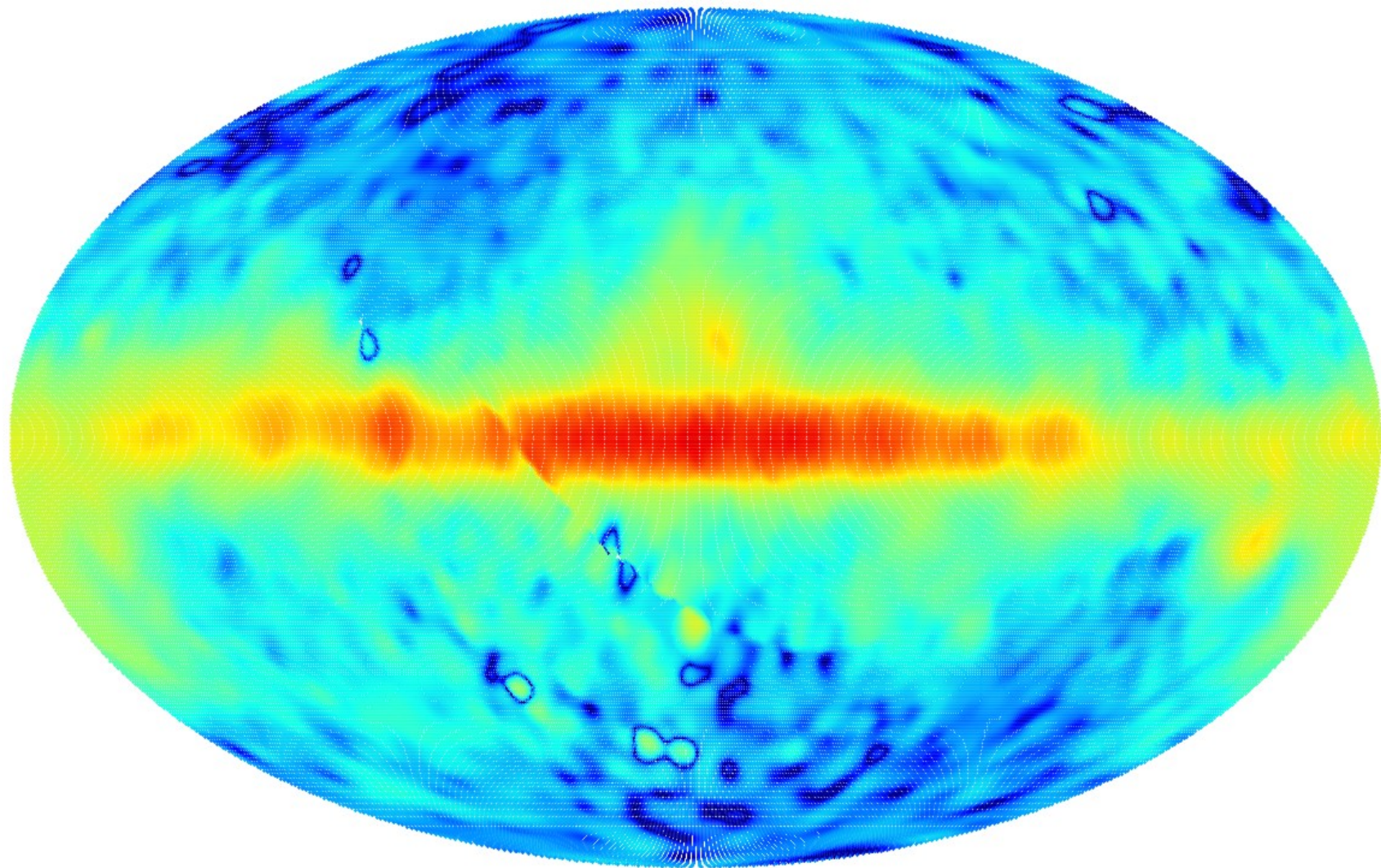




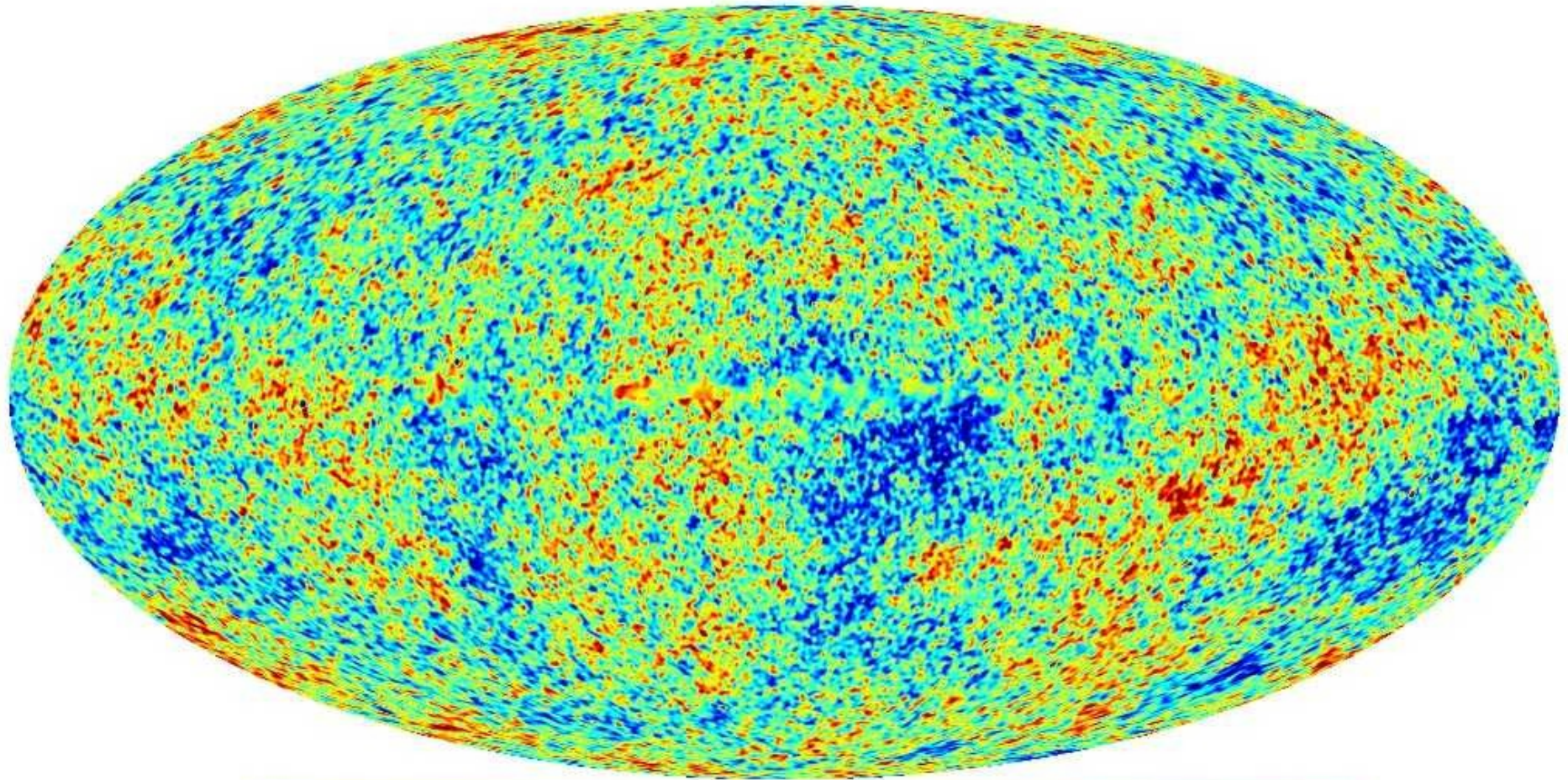








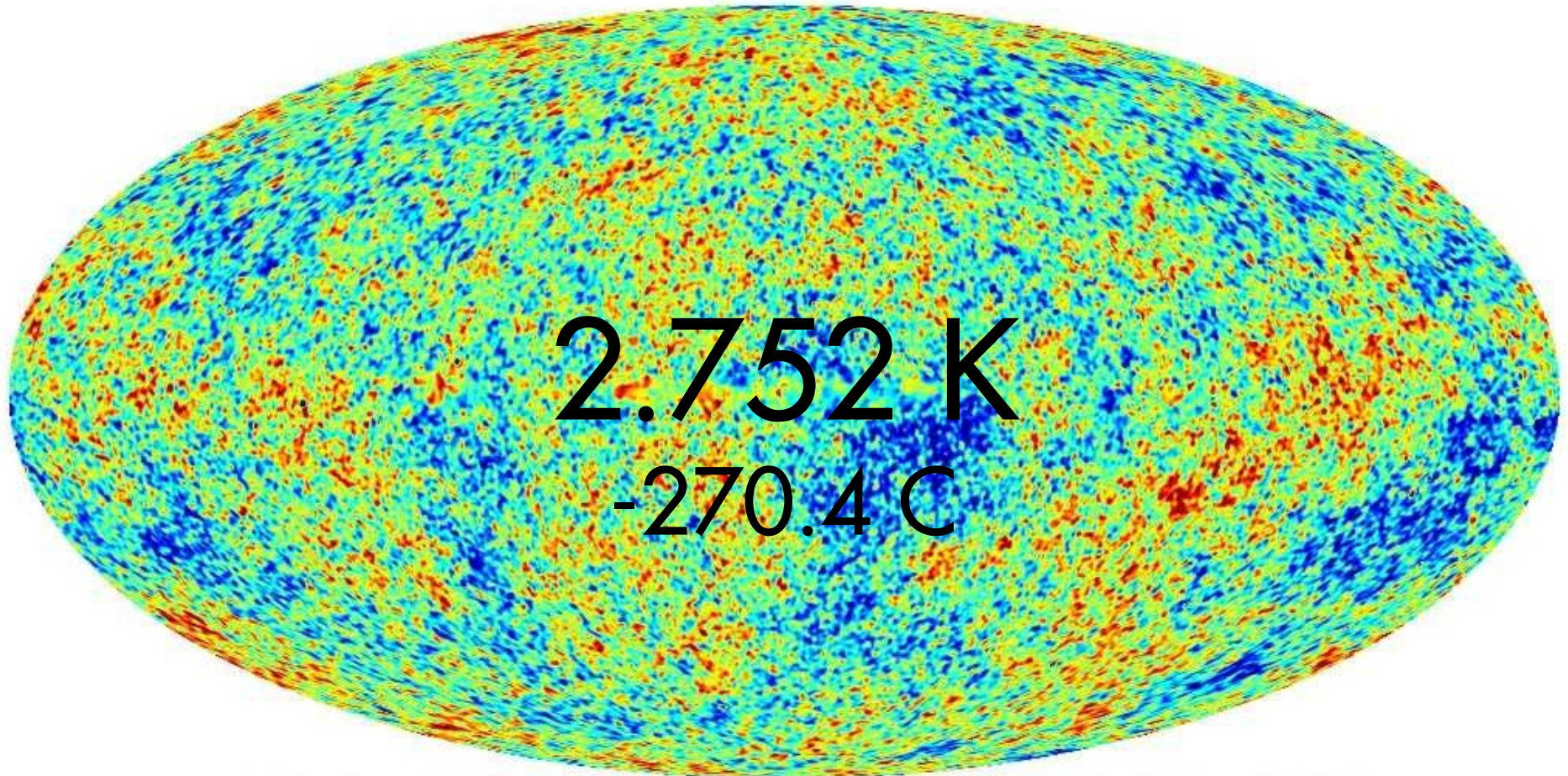
FCM está lleno de anisotropías



-200 μ K

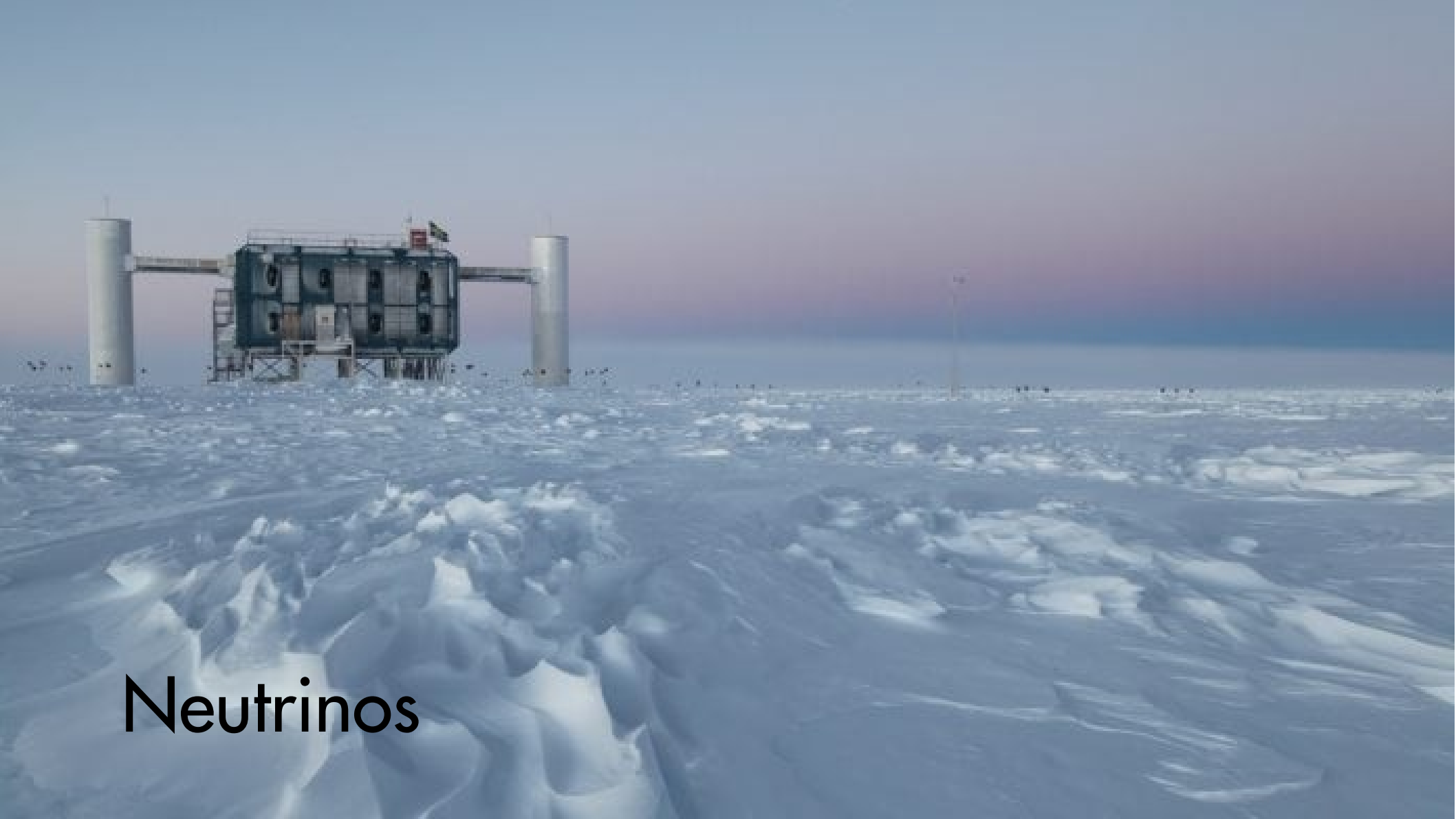
200 μ K

la huella digital del Big Bang



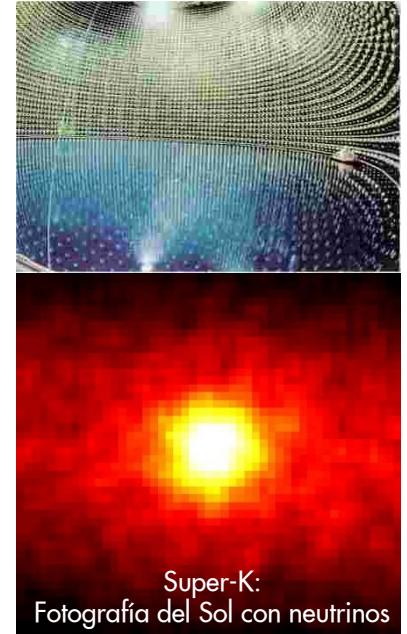
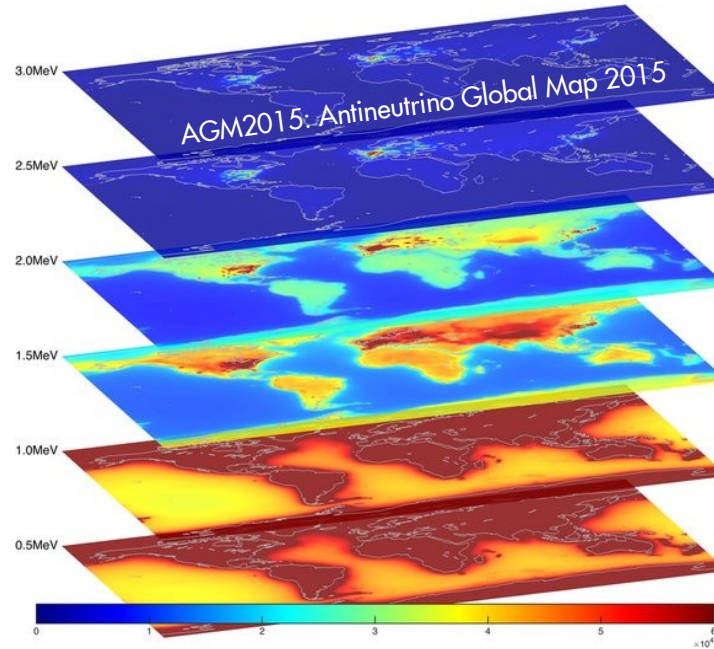
2.752 K
-270.4 C





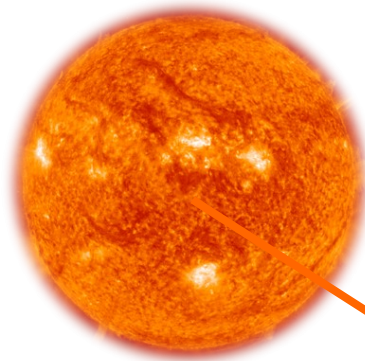
Neutrinos

Neutrinos



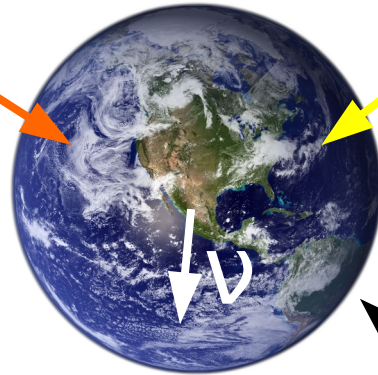
Son las partículas muy ligeras y misteriosas. Participan en los decaimientos radioactivos. Interactúan muy poco

Fuentes de neutrinos



Sol

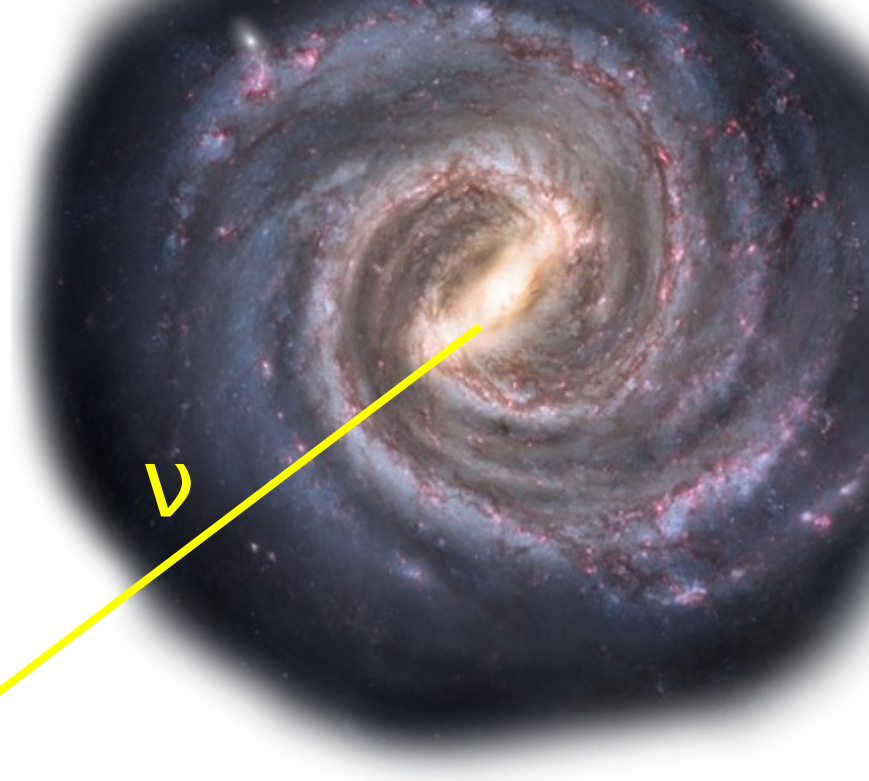
ν



Reactores Nucleares
La Tierra
La atmósfera

ν

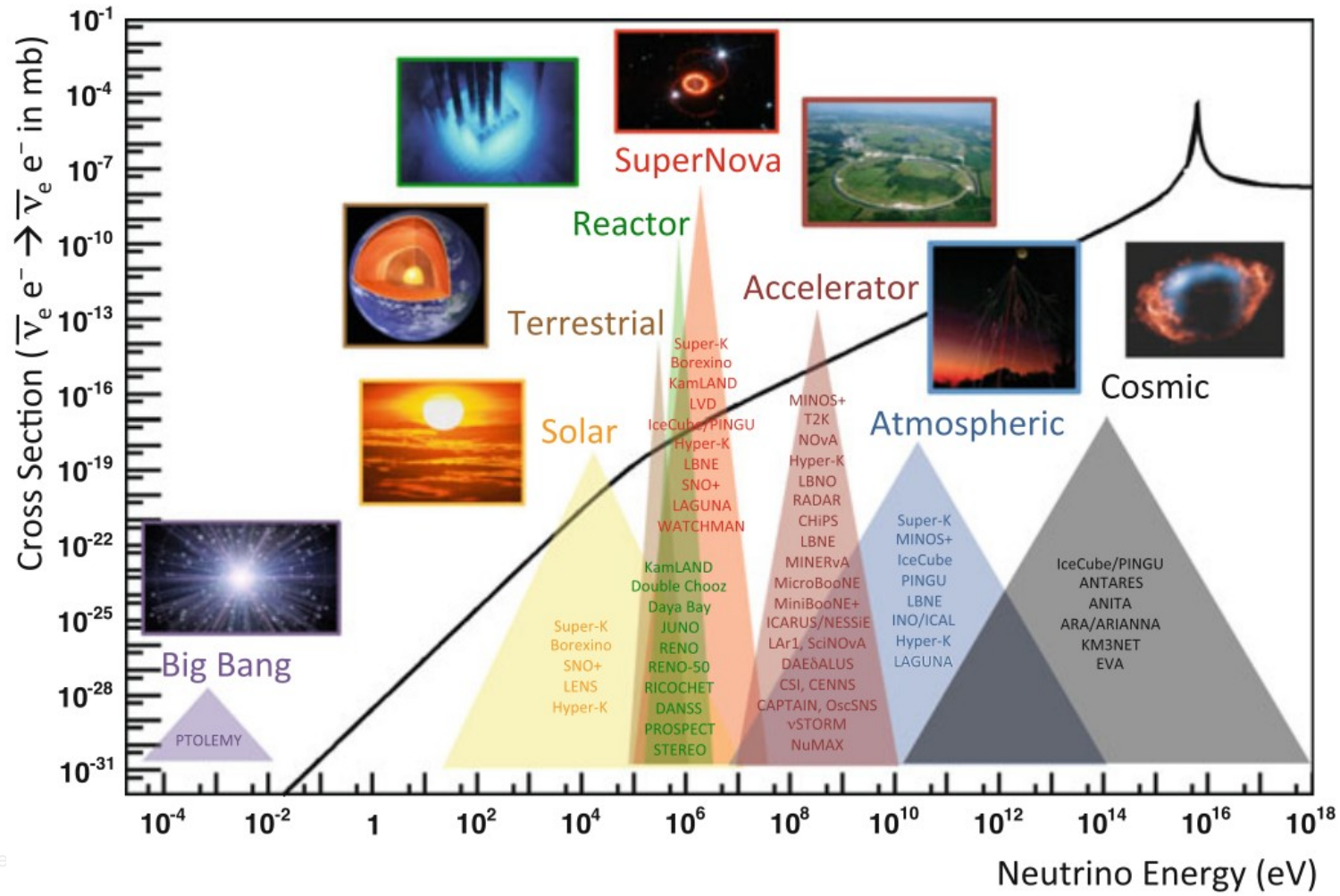
ν



ν

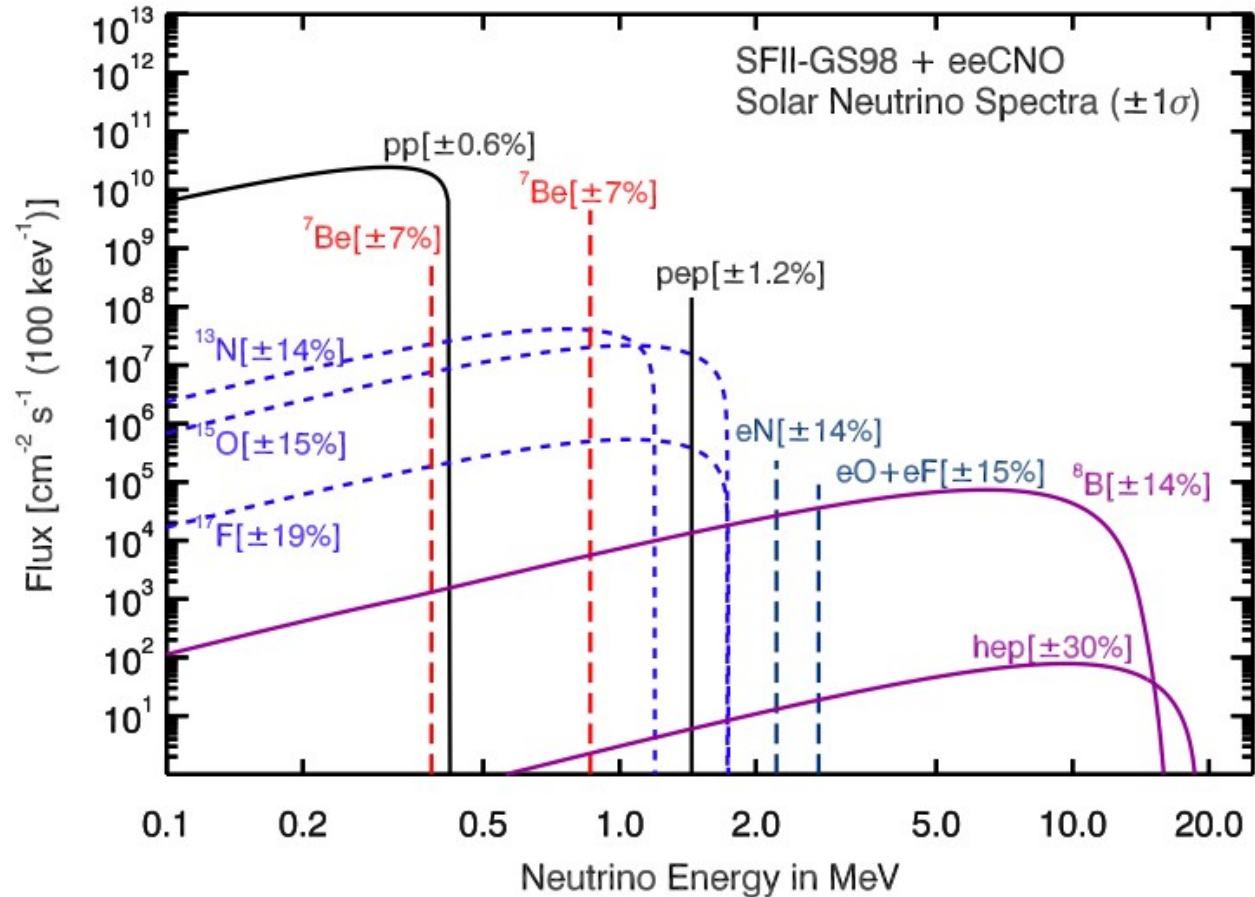
La vía Láctea
Centro galáctico
Big Bang

Fuentes de neutrinos

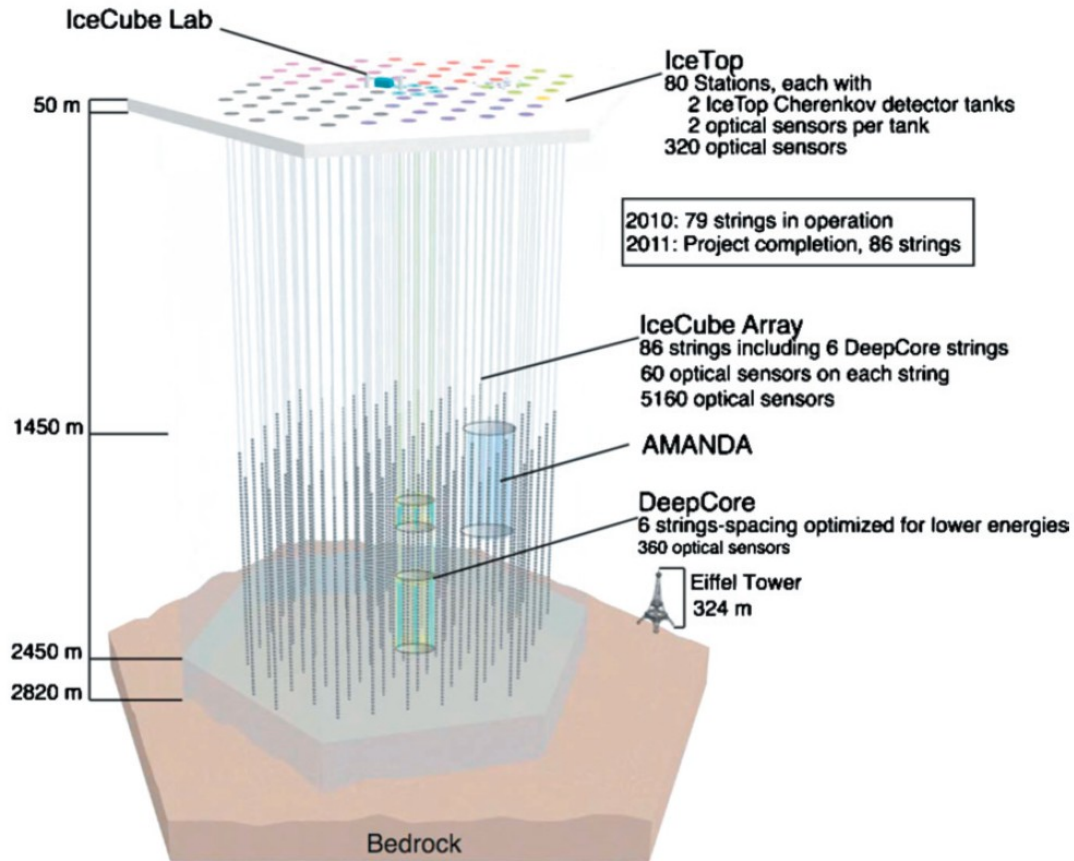


Neutrinos Solares

Los neutrinos nos permiten
ver el interior del Sol!



Observatorios



IceCube



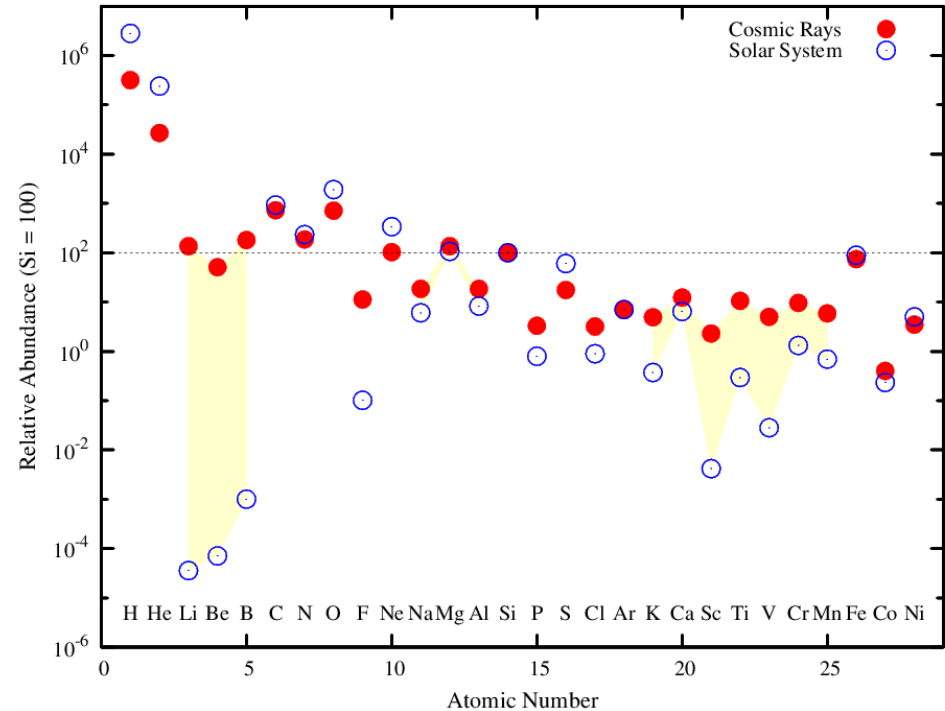
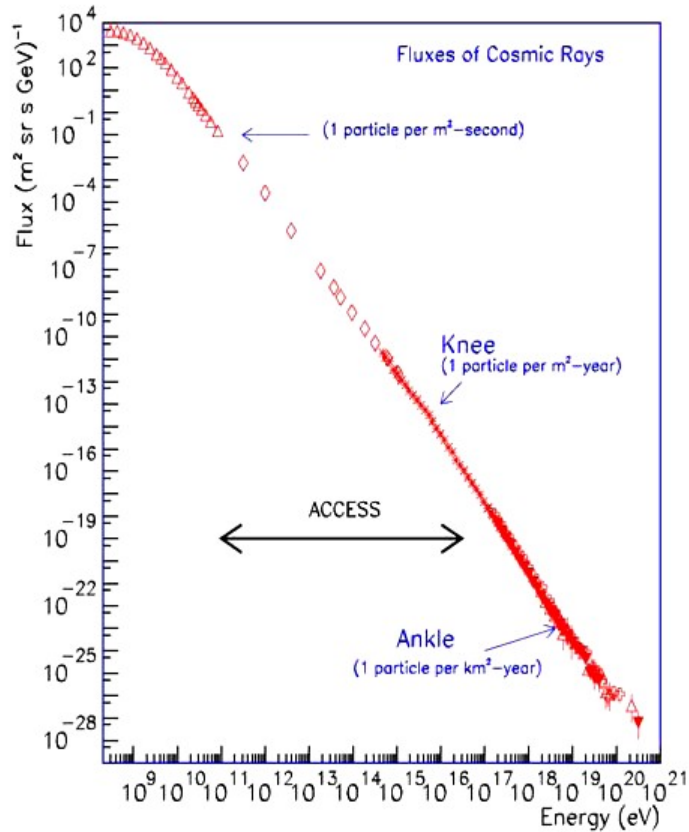
Observando neutrinos usando IceCube



Rayos Cósmicos

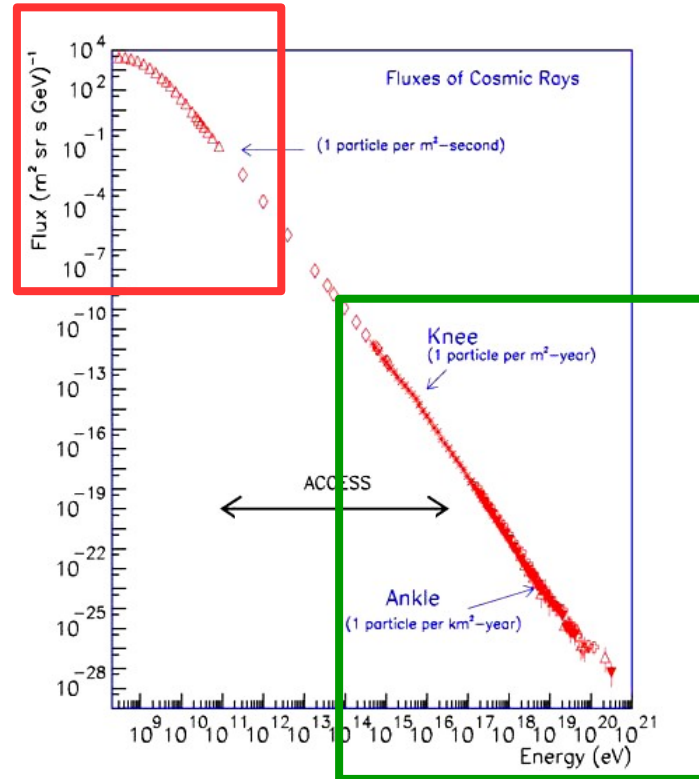


Energía y composición



¿Cómo observar Rayos Cósmicos?

Detectores en
el espacio



Detectores en
la superficie

4 Diciembre 2017 La atmósfera absorbe gran cantidad de rayos cósmicos

Observatorios de altitud



ATIC
(globo)



PAMELA
(satélite)



AMS02
(estación espacial)

AMS en la Estación Espacial Internacional



Observatorios de altitud

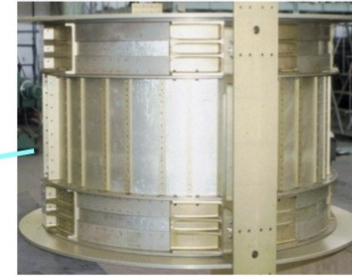
TRD



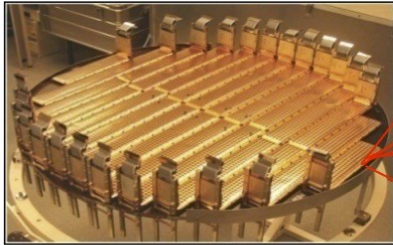
TOF



Magnet



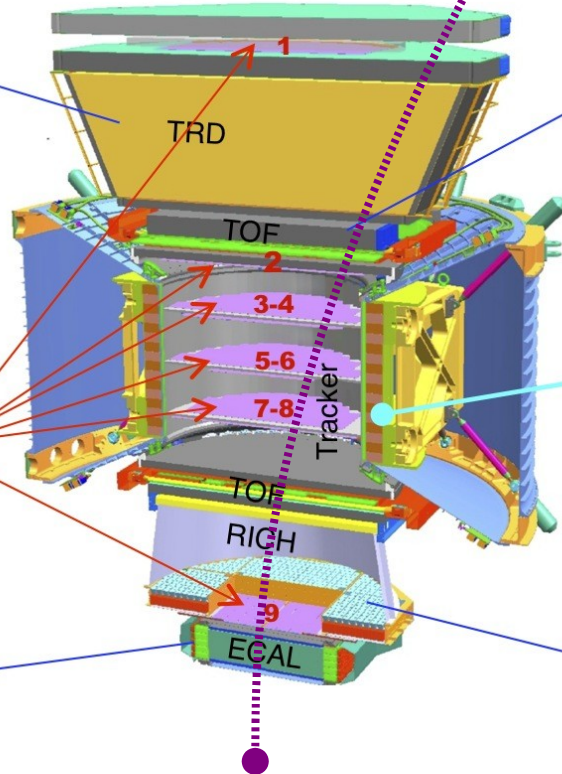
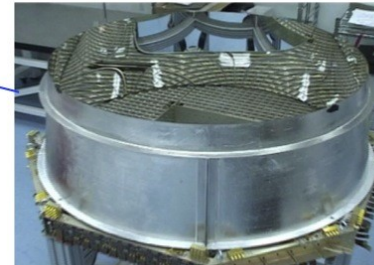
Silizium Spurdetektor



ECAL



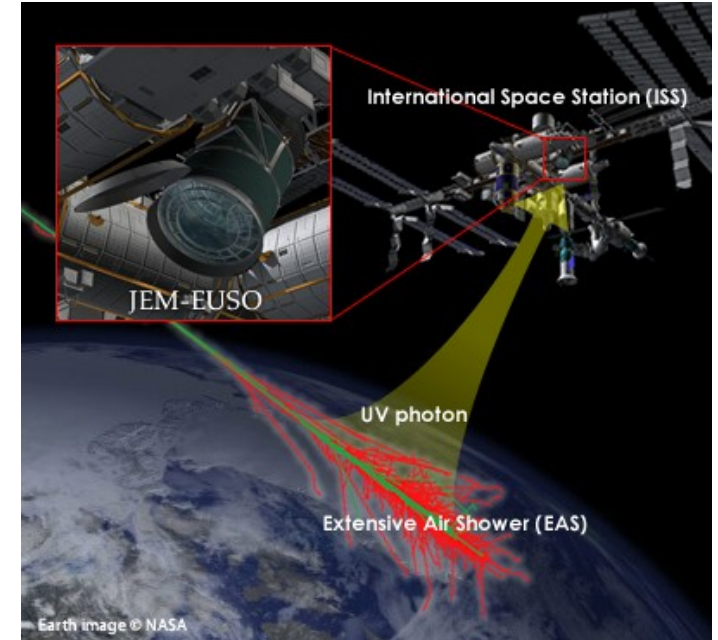
RICH



Observatorios de alta energía



Pierre Auger (Argentina)



JEM-EUSO (ISS)

Observatorio Pierre Auger



Telescopio de fluorescencia



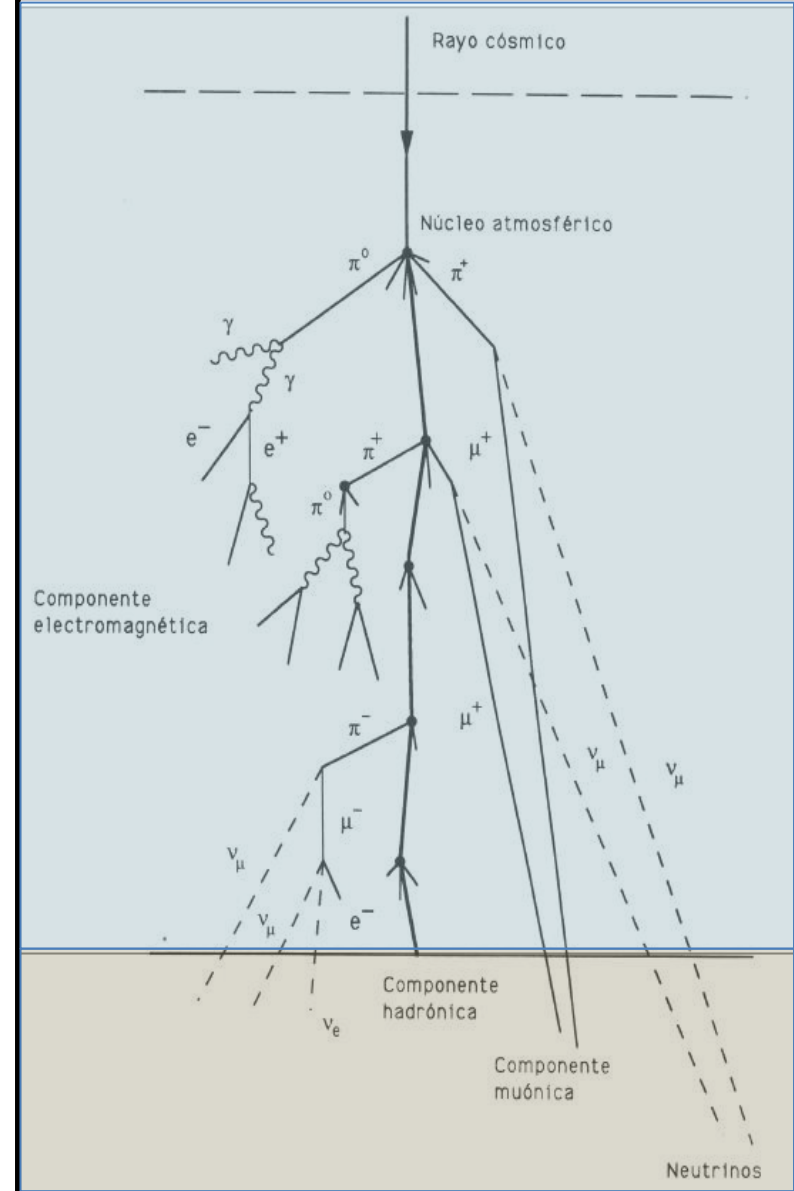
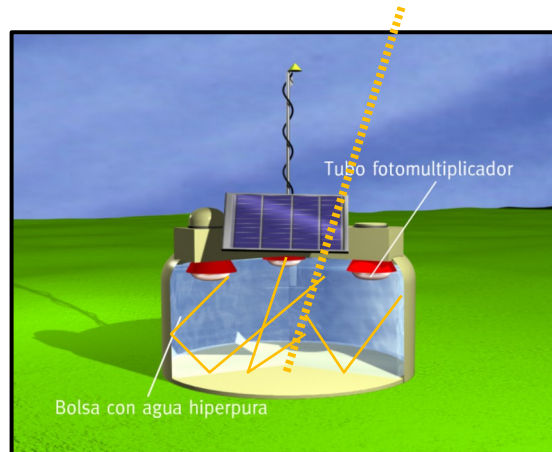
Vacas

Detector de superficie



Llueven Rayos Cósmicos

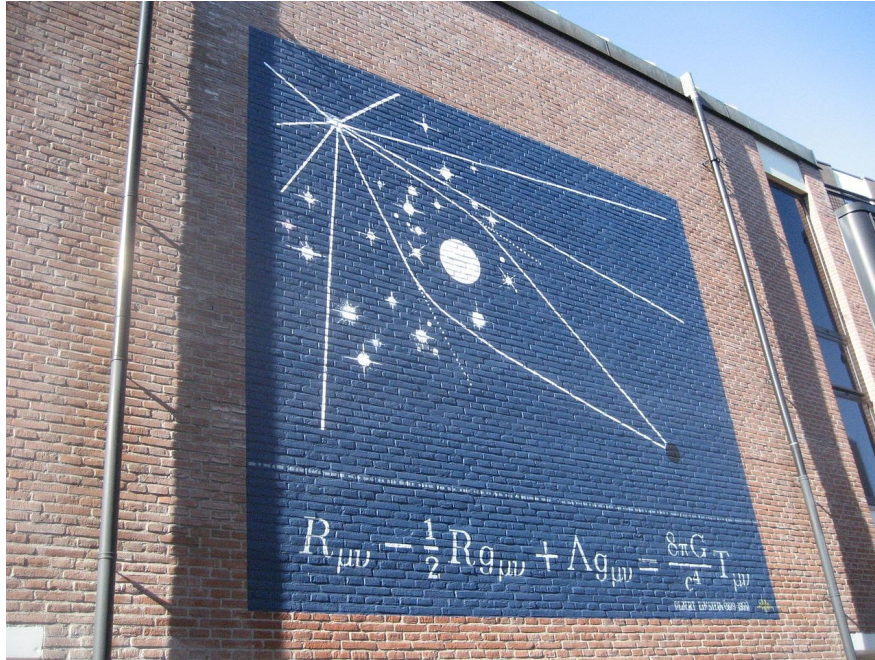
- Rayo cósmico primario interacciona con la alta atmósfera
- Se produce una reacción en cadena



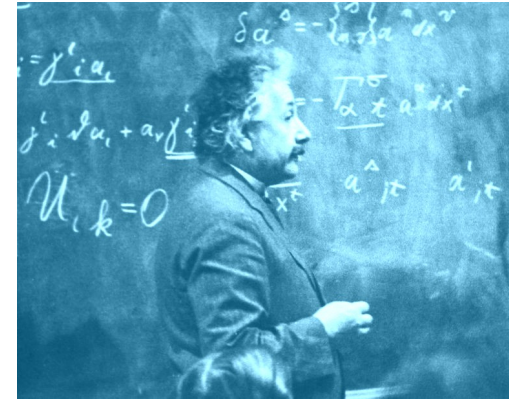
Ondas Gravitacionales

An aerial photograph of the LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) facility in a vast, arid desert landscape. A long, straight, light-colored road or path stretches from the bottom left towards the center of the image. In the lower right, there is a cluster of buildings, including a large white and blue structure, and several smaller white buildings. A long, thin, blue line, likely a pipeline or road, runs diagonally from the center towards the top right. The background shows a flat desert floor with sparse vegetation, distant mountains, and a clear blue sky.

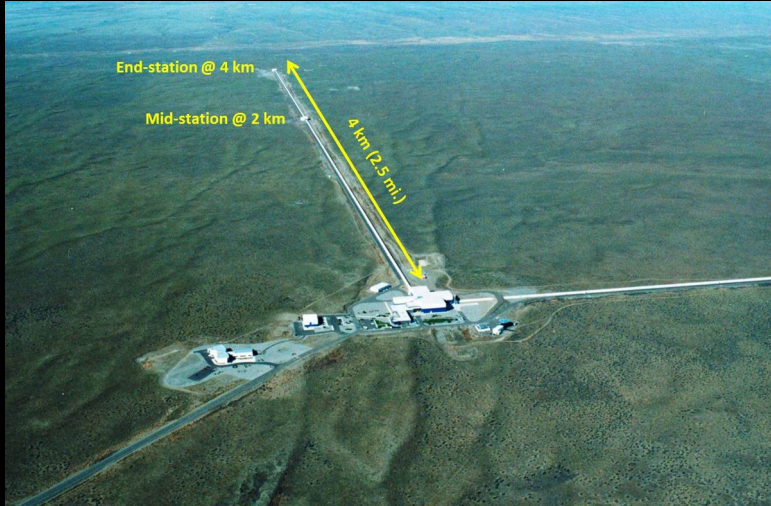
Ondas Gravitacionales



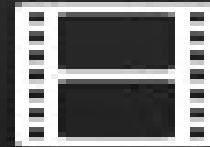
Son una de las muchas predicciones de la relatividad general que describe la gravedad como una deformación del espacio-tiempo



Ondas Gravitacionales



LIGO observa ondas gravitacionales usando interferómetros de 4 km!



Ondas Gravitacionales



Los 2 Agujeros Negros de 36 y 29 masas solares bailan hasta que se fusionan

Ondas Gravitacionales



Y así suenan!



Los ladrillos de la física fundamental nos permiten entender la evolución del Universo.

Observar mas allá de la luz revela aspectos desconocidos y fascinantes.



