

HORVÁTH DEZSŐ  
A HIGGS-BOZON



**TYPOTEX**

Budapest  
2013

A részecskefizika általánosan elfogadott és az elmúlt 40 év alatt sokszorosán igazolt elmélete, a Standard Modell valamennyi alkatrészét sikerült megfigyelni és tanulmányozni a Higgs-bozon kivételével. A CERN Nagy Hadronütköztetője (LHC), a világ legnagyobb részecskegyorsítója is elsősorban a Higgs-részecske kimutatására épült. 2012 közepére az LHC két óriási mérőberendezése, a sok ezer fizikus részvételével épült CMS és ATLAS megfigyelt egy – a Higgs-bozon elméletileg megjósolt tulajdonságaival rendelkező – új részecskét.

A könyv áttekinti a Standard Modell elméletét és a Higgs-részecske feltételezett tulajdonságait, majd összefoglalja az LHC Higgs-keresési eredményeit és a hozzájuk vezető utat. Függelékben ismerteti a könyvben előforduló fizikusok életrajzát és bizonyos fizikai fogalmak részletesebb leírását.

A szerző az alábbi címeken érhető el:

**Horváth Dezső**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és  
Magfizikai Intézet, Budapest

és

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

E-mail: horvath.dezso@wigner.mta.hu

© Horváth Dezső, Typotex, 2013

Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

ISBN 978 963 279 323 8

Témakör: *elméleti fizika*

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót! Újabb kiadványainkról, akcióinkról a <http://www.typotex.hu> és a [www.facebook.com/typotexkiado](http://www.facebook.com/typotexkiado) oldalon értesülhet.

Kiadja a Typotex Elektronikus Kiadó Kft.

Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

A kötetet gondozta: Erő Zsuzsa

Borítóterv: Szalay Éva

A borítón az LHC (Nagy hadron-ütköztető) CMS detektorával készült felvétel egy lehetséges Higgs-bozonos reakcióról. A nagyenergiájú protoncsomagok ütközésekor sok részecske keletkezett, közöttük egy bozon, amely két nagyenergiájú fotonra bomlott. A töltött részecskék a detektor mágneses mezejében görbült pályán repülnek és azt a nyomkövető rendszer kirajzolja (sárga csíkok). A semleges fotonok nem hagynak nyomot és pályájuk nem görbül (szaggatott egyenes), de az elektromágneses kaloriméterben elnyelődnek: a téglavörös hasábok mérete arányos az észlelt fotonenergiával.

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezető</b>	<b>9</b>
<b>2. A Standard Modell</b>	<b>14</b>
2.1. Szimmetriák . . . . .	14
2.2. Elemi részecskék . . . . .	15
2.3. Perdület (spin) . . . . .	15
2.4. Fermionok és bozonok . . . . .	16
2.5. Kölcsönhatások . . . . .	17
2.6. Kvarkmodell . . . . .	17
2.7. Elemi kölcsönhatások . . . . .	19
2.8. Bozonok . . . . .	19
<b>3. Sérülő szimmetriák</b>	<b>21</b>
3.1. Mértékelmélet . . . . .	21
3.2. Sérülő szimmetriák . . . . .	22
3.3. Spontán szimmetriasértés . . . . .	23
3.4. Higgs-mechanizmus . . . . .	25
3.5. Kísérleti ellenőrzés . . . . .	27
<b>4. Nagyenergiás mérés technika</b>	<b>30</b>
4.1. Mikroszerkezet és energia . . . . .	30
4.2. Részecskegyorsítók: LEP . . . . .	32
4.3. LHC, a nagy hadronütköztető . . . . .	35
4.4. Az LHC indulása . . . . .	39
4.5. Részecskeészlelés . . . . .	40

4.6.	A CMS-detektor . . . . .	41
4.7.	Az ATLAS-detektor . . . . .	45
4.8.	ATLAS és CMS . . . . .	46
4.9.	Eseményanalízis . . . . .	47
<b>5.</b>	<b>A Standard Modell Higgs-bozonja</b>	<b>53</b>
5.1.	A Higgs-bozon tulajdonságai . . . . .	53
5.2.	A Higgs-bozon keletkezése . . . . .	54
<b>6.</b>	<b>A Higgs-részecske keresése</b>	<b>56</b>
6.1.	LEP, TEVATRON: nincs meg . . . . .	57
6.2.	LHC: megvan? . . . . .	59
<b>7.</b>	<b>LHC-eredmények 2012 végén</b>	<b>63</b>
<b>8.</b>	<b>Zárszó</b>	<b>67</b>
<b>A.</b>	<b>Részecskefizikusok</b>	
	<b>akik a könyvben szerepelnek</b>	<b>70</b>
A.1.	Satyendra Nath Bose . . . . .	70
A.2.	Georges Charpak . . . . .	72
A.3.	Paul Dirac . . . . .	73
A.4.	Albert Einstein . . . . .	74
A.5.	Enrico Fermi . . . . .	75
A.6.	Richard Feynman . . . . .	76
A.7.	Peter Higgs . . . . .	77
A.8.	Leon Lederman . . . . .	78
A.9.	Tsung-Dao Lee . . . . .	79
A.10.	Wolfgang Pauli . . . . .	80
A.11.	Gerardus t'Hooft . . . . .	82
A.12.	Simon van der Meer . . . . .	83
A.13.	Martinus Veltman . . . . .	84
A.14.	Steven Weinberg . . . . .	85
A.15.	Wigner Jenő . . . . .	86
A.16.	Frank Wilczek . . . . .	87
A.17.	Chien-Shiung Wu . . . . .	88
A.18.	Chen-Ning Yang . . . . .	89

<b>B. Fizikai fogalmak</b>	<b>90</b>
B.1. $U(1)$ , $SU(2)$ , $SU(3)$ . . . . .	90
B.2. A Dirac-egyenlet . . . . .	92
B.3. Virtuális részecskék . . . . .	93
B.4. Hatáskeresztmetszet . . . . .	94
B.5. Luminozítás . . . . .	95
B.6. Az LHC működése . . . . .	96
B.7. A Higgs-bozon tulajdonsága . . . . .	98
B.8. Bomló részecske tömege . . . . .	99
B.9. Az új részecske tömege . . . . .	101
Irodalomjegyzék . . . . .	102