125 GeV द्रव्यमान वाले एक नए कण का अवलोकन

सी.एम.एस प्रयोग,
यूरोपियन आर्गनाइजेशन फार न्यूक्लियर रिसर्च (सर्न)
4 जुलाई 2012

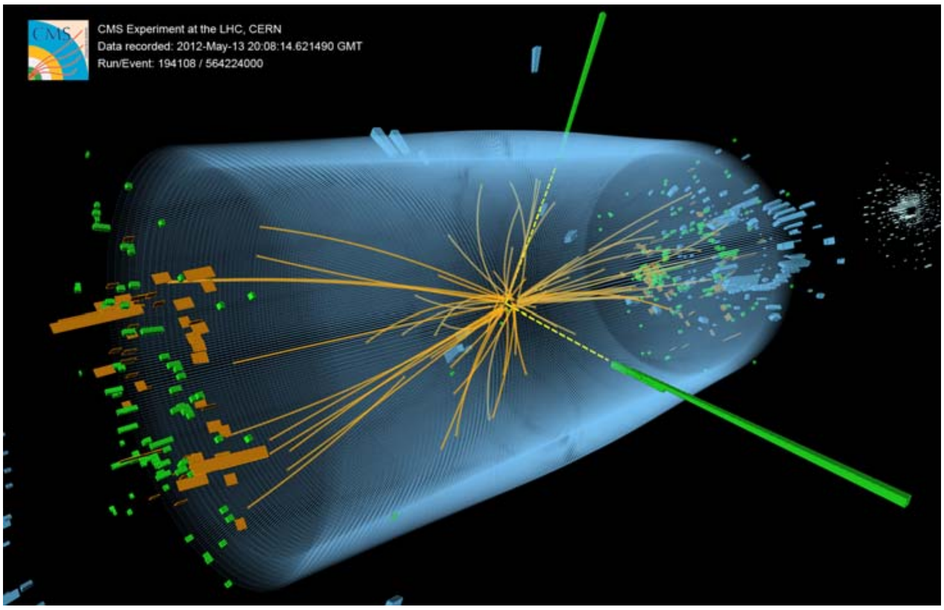
सारांश

आज सर्न और "ICHEP २०१२" सम्मेलन [1] जो मेलबोर्न में हो रहा है, में एक संयुक्त संगोष्ठी का आयोजन किया गया, जिसमे Compact Muon Solenoid (सी.एम.एस.) प्रयोग , जेनेवा स्थित Large Hadron Collider (LHC) के शोधकर्ताओं ने स्टैंडर्ड मॉडल (SM) में हिग्स बोसोन के खोज पर अपने प्रारंभिक परिणाम प्रस्तुत किये जो २०१२ जून तक दर्ज किये गए आँकड़ों पर आधारित है |

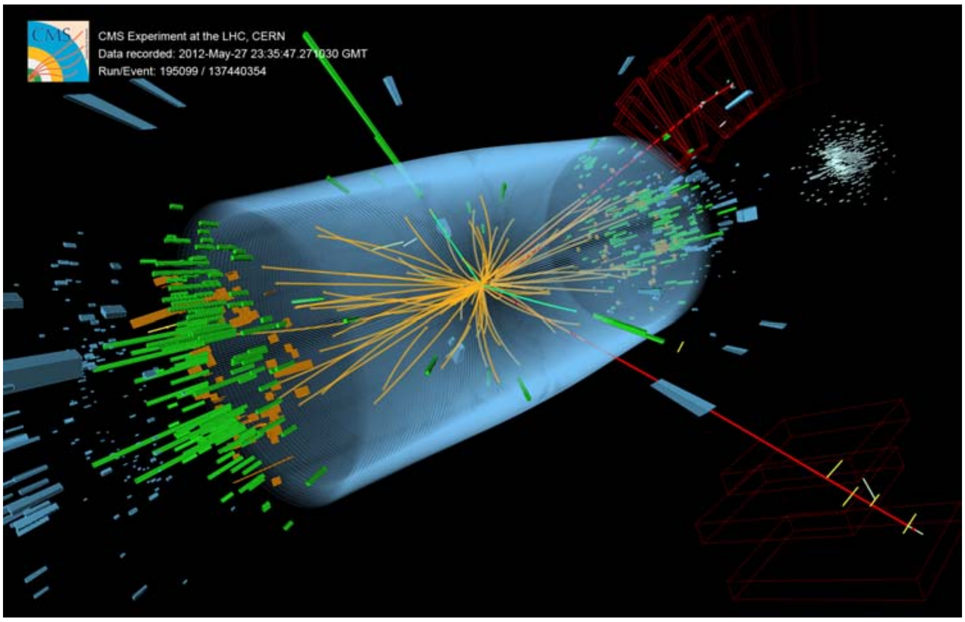
सी.एम.एस. ने लगभग 125 GeV [2] के द्रव्यमान पर आँकड़ों में अधिकता का अवलोकन किया है, जिनका सांख्यिकीय महत्व सामान्य पृष्ठभूमि की उम्मीदों से पाँच मानक विचलन (सिग्मा 5) [3] ऊपर है| इस अधिक राशि का अकेले सामान्य पृष्ठभूमि की वजह से होने की संभावना दस लाख में तीन है| इसके सबसे अहम् सबूत दो अंतिम अवस्थाओं या चंनेल्स में पाए गए हैं जिनमे द्रव्यमान की विभक्ति सबसे अच्छी है: पहला हैं दो photon अंतिम चैनल और दूसरा है दो प्रभार सहित leptons (electrons या muons) के दो जोड़े| .हम इसकी व्याख्या एक नए कण यां पॉर्टिकल जिसका द्रव्यमान लगभग 125 GeV है के रूप में करते हैं |

सी. ऍम. एस. के आकडे 95% विश्वास के स्तर के साथ 110-122.5 GeV और 127-600 GeV सीमा में हिग्स बोसॉन के अस्तित्व से इनकार करते हैं [४] - कम द्रव्यमान पर हिग्स बोसॉन के अस्तित्व को इसी विश्वास स्तर से "LEP Collider" ने पहले ही नकार दिया था|

सांख्यिकीय और व्यवस्थित अनिश्चितताओं को मध्य रखते, विभिन्न अवस्थाओं या



आकृति 1. २०१२ में सी.एम.एस डिटेक्टर के साथ प्रोटॉन - प्रोटॉन के द्रव्यमान-केंद्र-उर्जा (सेंटर-ऑफ़-मास) 8 TeV पर दर्ज किया हुआ एक event. यह event उन विशेषताओं को दर्शाता है जो की SM हिग्स बोसॉन के क्षय से उत्पन्न हुए photons के जोड़ों (धराशायी पीला लाइनों और हरे रंग टावरों) से आ सकती है| यह event ज्ञात SM पृष्ठभूमि प्रक्रियाओं के कारण भी हो सकता है|



आकृति 2. २०१२ में सी.एम.एस डिटेक्टर के साथ प्रोटॉन - प्रोटॉन के द्रव्यमान-केंद्र-उर्जा (सेंटर-ऑफ़-मास) 8 TeV पर दर्ज किया हुआ एक event यह event उन विशेषताओं को दर्शाता है जो की SM हिग्स बोसॉन के क्षय से उत्पन्न हुए Z बोसोंस के जोड़े, जिसमे एक Z बोसोंन electrons के जोड़ों (हरी लाइनों और हरे टावरों) में और दूसरा Z बोसोंन muons के जोड़ों (लाल लाइनों) में क्षय करता है, से आ सकती है| यह event ज्ञात SM पृष्ठभूमि प्रक्रियाओं के कारण भी हो सकता है|

चंनेल्स के परिणाम
प्राप्त नतीजे SM हिग्स बोसॉन के उम्मीदों के अनुरूप हैं| हालाँकि, यह साबित करने के लिए की यह नया कण हिग्स बोसॉन के सभी गुणों के साथ है या यह SM से बाहर की भौतिकी है, इसके लिए अधिक आकड़ों की आवशयकता हैं|

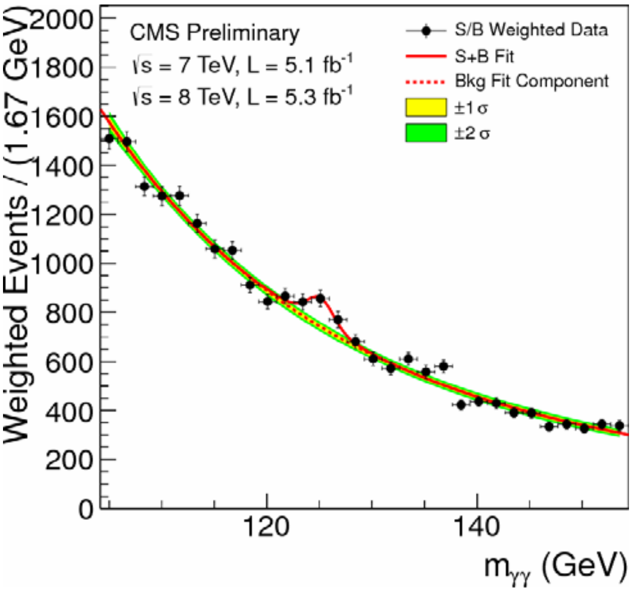
LHC काफी प्रभावशाली दर पर नए आकड़ों की जानकारी प्रदान करता रहेगा|
2012 के अंत तक, सी. एम. एस. से मौजूदा से लगभग दौगुने अधिक आकड़ों के मिलने की उम्मीद है| इन नए आंकड़ों से सी. एम. एस. नव कण की प्रकृति को स्पष्ट करने के लिए
सक्षम हो जाएगा| सी. एम. एस. के यह 3 गुने आकडे, नए भौतिकी खोजों की पहुंच का विस्तार
करने में सहायक साबित होंगे.

सी. एम. एस. खोज रणनीति

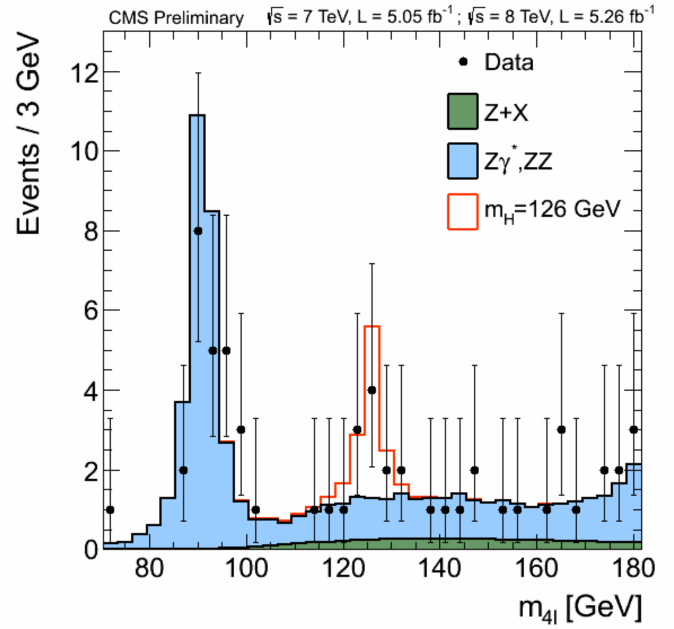
सी. एम. एस. ने उन सभी आँकड़ों का विश्लेषण किया है जो   प्रोटॉन - प्रोटॉन कण आपस
में टकराकर करते है| ये आकडे 2011 एवं 2012 में जून १८ तक एकत्र किये गए हैं| कुल मिलाकर ये आंकड़े वर्ष 2011 में एकत्रित 5 .1 fb-१   एकीकृत चमक (integrated
luminosity)[5] , जिनका द्रव्यमान - केंद्र-उर्जा (सेंटर-ऑफ़-मास)) 7 TeV था और वर्ष 2012 में ८ TeV की उर्जा से 5 .3 fb-१ एकत्रित एकीकृत चमक को दर्शातें हैं|

SM   के अनुसार हिग्स क्षय करने से पहले बहुत ही कम समय के
लिए रहता है, और अन्य कणों में क्षय होता है, जिन्हें हम अच्छी तरह से जानते है.|
सीएमएस में हिग्स के पांच मुख्य चैनलों का अध्ययन किया गया है| तीन चैनलों के परिणाम Bosonic कणों
के जोड़े होतें हैं ($\gamma\gamma$, ZZ और WW) और दो चैनलों के परिणाम fermionic
कणों के जोड़े होतें हैं (bb और $\tau\tau$), जहाँ γ का अर्थ photon है , Z और W weak interaction के बल वाहक हैं, b का अर्थ bottom quark और τ का अर्थ tau lepton है| $\gamma\gamma$, ZZ और WW चैनलों 125 GeV के हिग्स बोसॉन की खोज के लिए समान रूप से संवेदनशील हैं और bb और $\tau\tau$ चैनलों से अधिक संवेदनशील हैं|

$\gamma\gamma$ व   ZZ चंनेल्स विशेष रूप से महत्वपूर्ण हैं क्योंकि यह दोनों नए



आकृति 3. photons के जोड़ों($\gamma\gamma$) का अपरिवर्तनीय द्रव्यमान वितरण जो की सी.एम.एस. के 2011 और 2012 के आंकणों को दर्शाता है (त्रुटि पट्टियाँ के साथ काले अंक)| आंकड़ें प्रत्येक उप - वर्ग के events पर पृष्ठभूमि में संकेत के आधार पर भारित किये गयें हैं| ठोस लाल रेखा संकेत और पृष्ठभूमि के लिए फिट परिणाम को दर्शाती है औरधराशायी लाल रेखा केवल पृष्ठभूमि को दर्शात□ है|



आकृति ४: चार leptons से पुनर्निर्मित द्रव्यमान का वितरण जो की 4e, 4μ, और 2e2μ चैनलों के योग से बना है| बिंदु आंकड़ों को दर्शाते हैं , छायांकित हिस्टोग्राम पृष्ठभूमि को दर्शाते हैं और अछायांकित हिस्टोग्राम संकेत को दर्शाते हैं| वितरण को stacked हिस्टोग्राम के रूप में प्रस्तुत किया गया है| माप को द्रव्यमान-केंद्र-उर्जा 7 TeV और 8 TeV पर एकत्रित आंकड़ों की कुल राशि के लिए प्रस्तुत किया है |

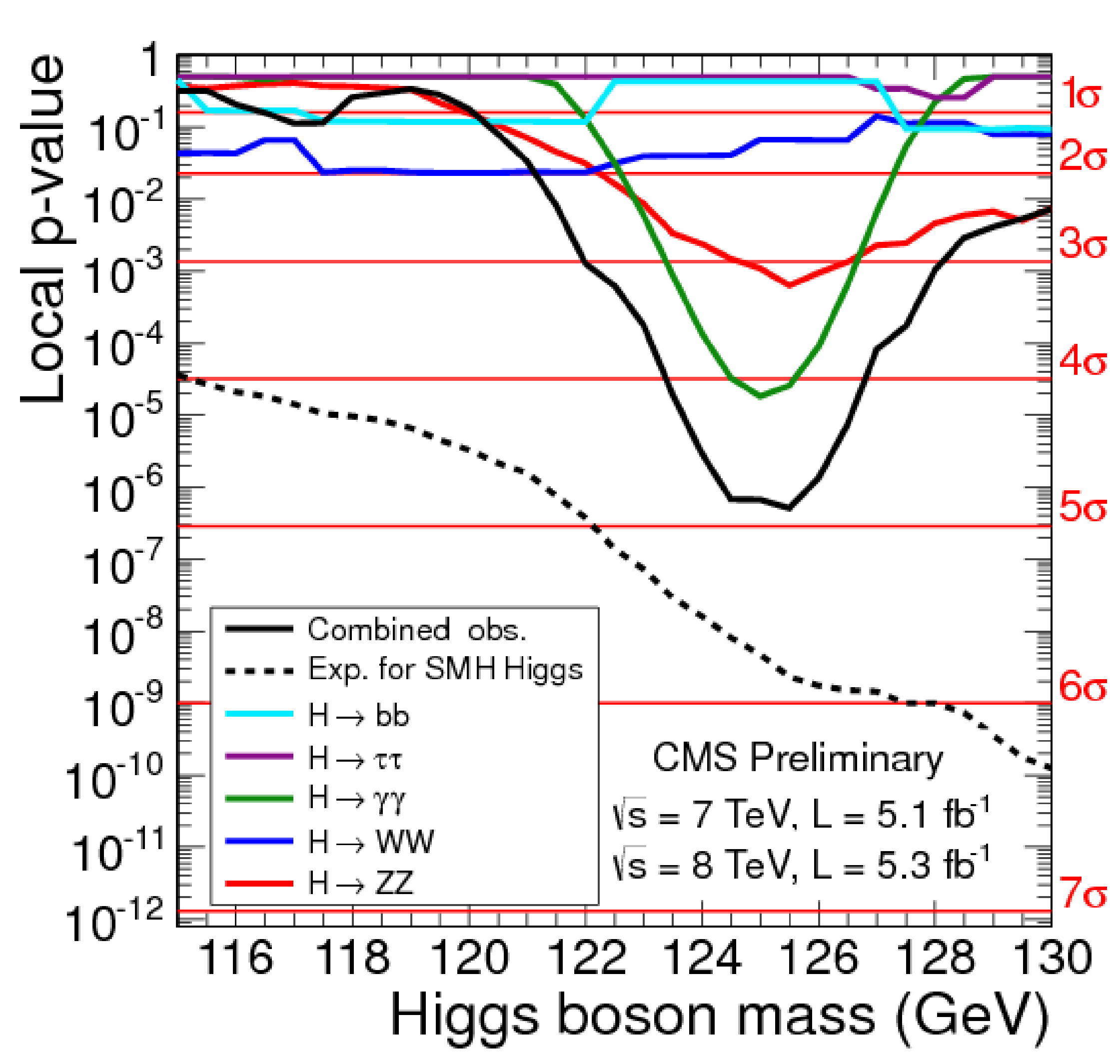
कण के द्रव्यमान को शुद्धता के साथ मापने में मदद करतें हैं| $\gamma\gamma$ चैनल में द्रव्यमान का निर्धारण दो अधिकतम उर्जा वाले photons की उर्जा और दिशा से किया जाता है जो की सी. एम. एस. क्रयस्तल (crystal)विदुत-चुम्बकीय कैलोरीमीटर (ECAL) में मापा जाता है(आकतृि 1)| ZZ चैनल में द्रव्यमान का निर्धारण ZZ के दो क्षय electrons या muons के जोड़ों या एक muon का जोड़े और एक electrons के जोड़े से होता है(आकतृि 2)| इनको ECAL में, अंदरूनी tracking में, और muon मापक में मापा जाता है|

WW चैनल की खोज और अधिक जटिल है. प्रत्येक डब्ल्यू का क्षय एक इलेक्ट्रॉन और एक न्युट्रीनो या एक muon और एक न्युट्रीनो में हो सकता है . न्युट्रीनो के बारे में पता लगाना बहुत ही कठिन है . इसकी वजह है की यह कण सी.एम.एस. के डिटेक्टरों के माध्यम से बिना पहचाने गए आसानी से पारित हो जाता है. अतः WWचैनल में SM हिग्स का वितरण एक संकीर्ण चोटी के रूप में प्रकट नहीं होगा. bbचैनल के विश्लेषण में SM मॉडल प्रक्रियाओं से बड़ी पृष्ठभूमि रहती है. इन घटनाओं के खोज में एक हिग्स का उत्पादन W या Z के सहयोग से होगा जिसका क्षय इलेक्ट्रॉन या muon में होगा. $\tau\tau$ चैनल को मापने के लिए इलेक्ट्रॉन muons, और hadrons के क्षय और उसके पहचान द्वारा किया जाता है.

सी.एम. एस. परिणाम सारांश

अगर SM हिग्स मौजूद नहीं है तो सी.एम.एस के आकरे 95% विश्वास के स्तर पर 110 - 600 GeV के भार रेंज में नकार दिए जाने चाहियें . वास्तव में, सी. एम. एस.के आकरे SM हिग्स के अस्तित्व से इनकार 95% विश्वास के साथ दो भाग 110-121.5 GeV और 127-600 GeV में करते हैं .
121.5-127 GeV की रेंज को हम इनकार नहीं कर सकते है क्योंकि पांच में चार चैनलों के विश्लेषण में अधिक आकरे पाए गए हैं .

1. $\gamma\gamma$ चैनल: $\gamma\gamma$ भार वितरण आकतृि 3 में दिखाया गया है. 125 GeV भार में आकरे पृष्ठभूमि के ऊपर 4.1 सिग्मा अतिरिक्त पाए गए है. दो photon अंतिम अवस्था के अवलोकन का तात्पर्य है कि नए कण एक बोसॉन है और fermion नहीं है. इसका स्पिन भी १ नहीं हो सकता है.
2. ZZ चैनल: आकतृि ४ में भार वितरण चार leptons (इलेक्ट्रॉन के दो जोड़े, या muons के दो जोड़े, या muons की जोड़ी और इलेक्ट्रॉनों की जोड़ी) का दिखाया गया है. 125 GeV भार में आकरे पृष्ठभूमि के ऊपर 3.1



आकृति 5: अवलोकन की गयी संभावना (स्थानीय पी-मूल्य) जो यह दर्शाती है कि केवल-पृष्ठभूमि की परिकल्पना से उतने ही या उतने से ज्यादा events सी..एम.एस आंकड़ों मेंउत्पादित हों | यह सम्भावना SM हिग्स बोसॉन के विभिन्न द्रव्यमान के लिए पाँचों चैनलों के लिए है| ठोस काली लाइन सभी चैनलों के लिए संयुक्त स्थानीय पी-मूल्य है|

सिग्मा अतिरिक्त पाए गए है. इस अवलोकन में क्षय कोण विशेषताओं की लेखा ली गई है.

3. WW चैनल: 1.x सिग्मा के जन वितरण में व्यापक अतिरिक्त पाया जाता है.
4. BB चैनल: 1.5 सिग्मा के महत्व के साथ एक मामूली अधिक है.
5. $\tau\tau$ चैनल: कोई अतिरिक्त, वर्तमान आँकड़े के भीतर नहीं पाया जाता है.

दो सबसे संवेदनशील और उच्च संकल्प चैनल ($\gamma\gamma$ और ZZ) के लिए एक संयुक्त फिट पैदावार 5.0 सिग्मा एक सांख्यिकीय महत्व है. अकेले इस राशि या अधिक से ऊपर अस्थिर पृष्ठभूमि की संभावना के बारे में तीन में से दस लाख है. पृष्ठभूमि ऊपर संकेत के सांख्यिकीय महत्व है, सभी पांच चैनल (आकतृि 5) के लिए एक संयुक्त फिट से 4.8 सिग्मा है.
इस कण का द्रव्यमान 125.x +/- 0.x GeV निर्धारित किया गया है जो की क्षय चैनलों में अनुमानित उपज की मान्यताओं से स्वतन्त्र है| :इस नव कण की मापी गयी उत्पादित दर (σ) SM हिग्ग्स Boson की अनुमानित दर के अनुसार है: $\sigma/\sigma SM$ = 0.8xx +/- 0.2xx | डिटेक्टर प्रदर्शन, आंकड़ों के चयन, अनुमानित माप , निर्धारण , व्यवस्थित और सांख्यिकीय अनिश्चितताओं के अन्य संभावित स्रोत के विवरण को समझने के लिए बहुत ध्यान दिया गया है| २०११ के विश्लेषण में भी १२५ GeV के द्रव्यमान पे अधिकता देखि गयी थी | इसलिए, चयन मापदंड के चुनाव में संभावित पूर्वाग्रह से बचने के लिए २०१२ में अँधा विश्लेषण (blind analysis) किया गया जो की २०१२ के आंकड़ों में कृत्रिम रूप से अधिकता दिखा सकता था| अँधा विश्लेषण में दिलचस्प छेत्र को तब तक नहीं जांचा जाता जब तक की सभी विश्लेषण मापदंड की पूरी तरह से छानबीन नहीं की गयी हो और अनुमोदित नहीं किया गया हो |.

अंत से अंत पार जांच के रूप में विश्लेषण कम से कम दो स्वतन्त्र टोलियों द्वारा किया गया | अन्य कई शीर्ष स्तर के अवलोकन से परिणाम में और विश्वास मजबूत होता है|

१. १२५ GeV के आस पास देखा गया अधिकता दोनों २०११ (७ TeV) और २०१२ (८ TeV) के डाटा में मौजूद है|
२. अधिकता दोनों उच्च विभक्ति चैनलों ($\gamma\gamma$ व ZZ) में एक ही द्रव्यमान पर देखि गयी है|
३. WW और bb चैनल में देखि गयी अधिकता १२५ GeV के कण के साथ सांगत है|
४. देखि गयी अधिकता विभिन्न अंतिम अवस्थाओं जिसमे photons , electrons , muons और hadrons में मौजूद हैं|

भविष्य योजना

१२५ GeV का देखा गया नव कण सीमित सांख्यिकीय के भीतर SM हिग्ग्स Boson के कारण है| हालाँकि इसके और गुणों जैसे की क्षयदर विभिन्न चैनलों में (($\gamma\gamma$, ZZ , WW, bb , $\tau\tau$) और अंततः इसका spin और समता (Parity) मापने के लिए और अधिक डाटा की आवश्यकता है| इसके बाद यह पता लगाना संभव है की यह वाकई में SM हिग्ग्स Boson है या किसी नयी भौतिकी जो की SM से परे है का परिणाम है| LHC लगातार अच्छा प्रदर्शन कर रहा है| २०१२ के अंत तक सी.एम.एस को दोगुने से ज्यादा डाटा मिलने की सम्भंवना है और इस कण की प्रक्रति की जांच संभव है | अगर यह SM हिग्ग्स Boson नहीं है तो सी.एम.एस उस नयी भौतिकी का अध्यन करेगा जिसकी वजह से यह है और इस अध्यन में अतिरिक्त कण (पार्टिकल) को भी शामिल किया जाएगा जिनकी LHC में दिखने की सम्भावना है| अगर यह कण वाकई में SM हिग्ग्स है तौ इसके गुणों का अध्यन पूरे विस्तार से किया जाएगा|
किसी भी स्तिथि में नयें कणों और बलों की खोज जारी रहेगी जो की लहक के और अधिक उर्जा और चमक वाले भविष्य के आंकड़ों में देखि जायेगी |

सी.एम.एस. के बारे में

अधिक जानकारी: http://cern.ch/cms या संपर्क करें cms.outreach@cern.ch.
सी.एम.एस LHC पर दो सामान्य-प्रयोजन प्रयोगों में से एक है जिनका निर्माण भौतिकी कि नयी खोजों के लिए किया गया है|
यह LHC की उच्च ऊर्जा वाले प्रोटॉन - प्रोटॉन और भारी आयन (Heavy Ions)की टक्कर में उत्पादित विस्तृत कणों और श्रृंखला का पता लगाने के लिए रचित किया गया है|
इससे भौतिकी जे कई सवालों के जवाब जानने में मदद मिलेगी: "ब्रह्मांड वास्तव में किससे बना है और इसके भीतर कौन से बल कार्य करते हैं?"और" सबको द्रव्यमान कैसे मिलता है? "
यह अभूतपूर्व परिशुद्धता के साथ ज्ञात कणों के गुणों को माप सकेगा और न सोचे गए नयी घटनायों की भी तलाश करेगा | इस तरह के अनुसंधान न केवल की हमारी इस समझ को बढ़ा सकतें हैं की
किस तरह से ब्रह्मांड काम करता है, लेकिन अंत में नई प्रौद्योगिकियों को भी जन्म दे सकतें हैं जो की दुनिया को बदल दे और जो की अतीत में भी हुआ है|.
सी.एम.एस प्रयोग की संकल्पनात्मक रचना १९९२ में की गयी| इस विशाल डिटेक्टर के निर्माण
(15 मीटर व्यास, लगभग २९ मीटर लम्बा और १४,००० टन वजन के साथ) में 16

साल लगे जो की
एक सबसे बड़े अंतरराष्ट्रीय वैज्ञानिक सहयोग से बना है और जिसमे दुनिया भर के ४१ देशों में वितरित १७९ संस्थानों और अनुसंधान-प्रयोगशालाओं के . ३२७५ भौतिकविदों (१५३५ छात्रों सहित) और ७९० इंजीनियर और तकनीशियन शामिल हैं|

फ़ुटनोट

[1] ICHEP ३६वि उच्च ऊर्जा भौतिकी अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन है जो की मेलबोर्न, ऑस्ट्रेलिया में जुलाई ०४ -११ , २०१२ में होगा| परिणाम संयुक्त रूप से सर्न में (व्यक्तिगत रूप से) और वास्तविक-समय वीडियो लिंक द्वारा ICHEP में प्रस्तुत किया जाएगा: .

[2] इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV) ऊर्जा की एक इकाई है| एक GeV एक अरब eV है| कण-भौतिकी में, जहाँ द्रव्यमान और ऊर्जा अक्सर एक दुसरे से बदले जातें हैं, द्रव्यमान का एक इकाई के रूप में eV/c2 का प्रयोग आम है (E = mc2, जहां c निर्वात में प्रकाश की गति है). इससे भी अधिक आम प्राकृतिक इकाइयों की एक प्रणाली का उपयोग है जिसमे c को १ रखा जाता है (इसलिए, E= m) , और द्रव्यमान की इकाइयों के रूप में eV और GeV का उपयोग किया जाता है .

[3] मानक विचलन माप के सेट में औसत मूल्य में विस्तार को दर्शाता है| . यह आकड़ों में परिकल्पना से असहमति के स्तर को दर्शाने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है| भौतिकविदों मानक विचलन को "सिग्मा" की इकाइ में व्यक्त करते हैं| उच्च सिग्मा की संख्या परिकल्पना से अधिक असंगत आकड़ों को दर्शाती है| आमतौर पर जितनी अधिक अप्रत्याशित खोज होती है, उतनी ही अधिक सिग्मा भौतिकविदों की आश्वस्त करने के लिए जरूरत होती है|.

[4] विश्वास स्तर सांख्यिकीय परीक्षण के प्रतिशत के लिए एक माप है कि एक निर्दिष्ट सीमा के भीतर परिणाम की उम्मीद को दर्शाता है| . उदाहरण के लिए, 95% की एक आत्मविश्वास के स्तर का मतलब है कि एक कार्रवाई के परिणाम शायद उम्मीदों पर 95% पूरा उतरेगा|

[5] http://news.stanford.edu/news/2004/july21/femtobarn-721.html

[6] http://cms.web.cern.ch/news/cms-search-standard-model-higgs-boson-lhc-data-2010-and-

2011
[7] http://cms.web.cern.ch/news/blinding-and-unblinding-analyses