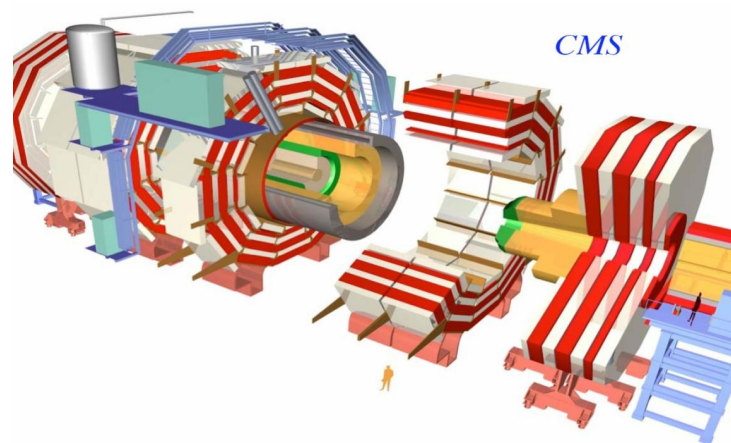
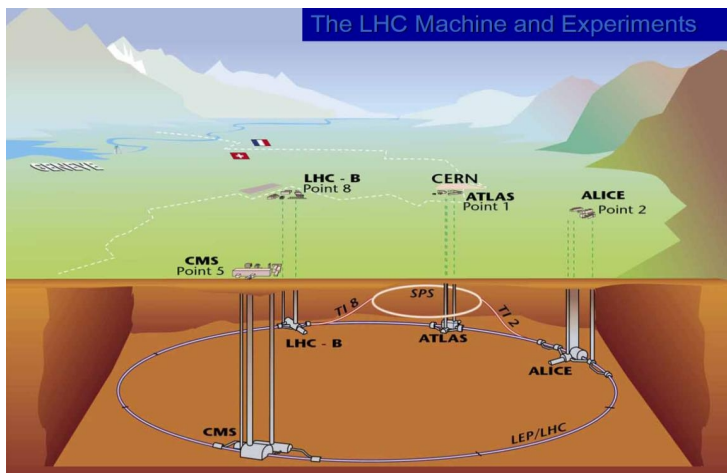


Physics Perspectives at the LHC (LHC실험을 통한 물리의 조망)

최성렬 (전북대학교 물리학과)

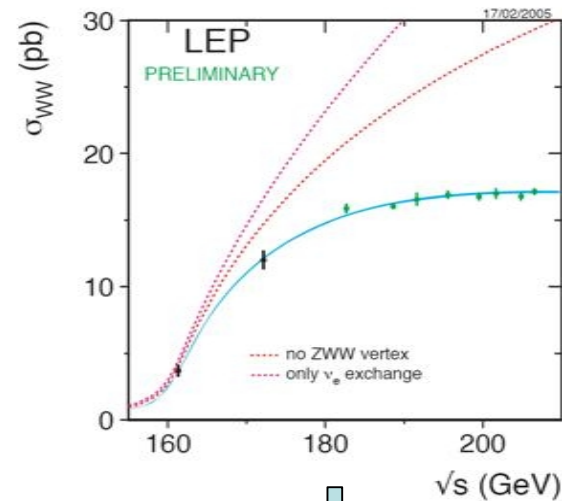
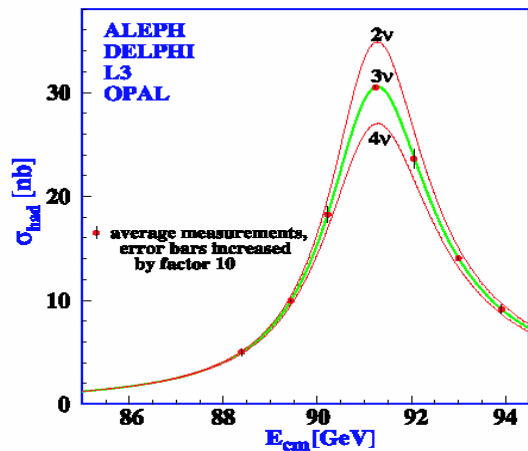


2008년 9월 14일 고등과학원

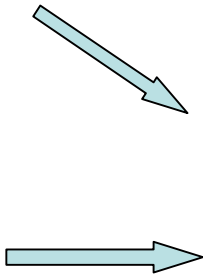
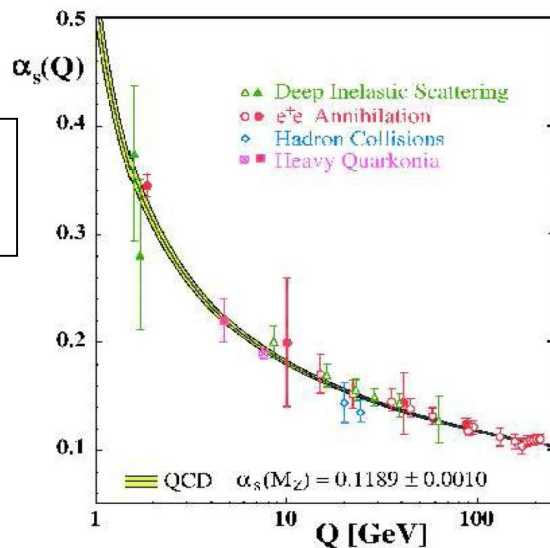
아주 잘 맞는 정상이론

SU(2) x U(1)
전자기약작용

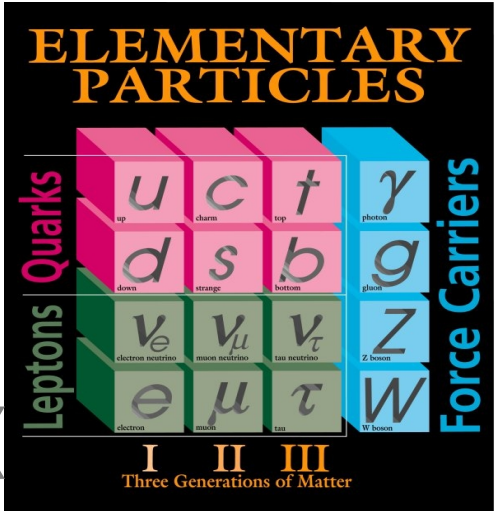
3 세대



SU(3)
색소작용



표준모형



해결할(가능성이 있는) 의문들

질량의 근원  힉스보존?
에너지 $\leq 1 \text{ TeV}$?

입자의 다양성
맛깔섞임

물질-반물질 비대칭성

상호작용의 통일
어디서 성립?
어떻게 검증?

양자중력

천체물리적 질문

우주의 크기와 나이

우주의 물질

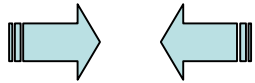
암흑물질의 성질

빅뱅의 기원

거대강입자가속기(LHC) 실험

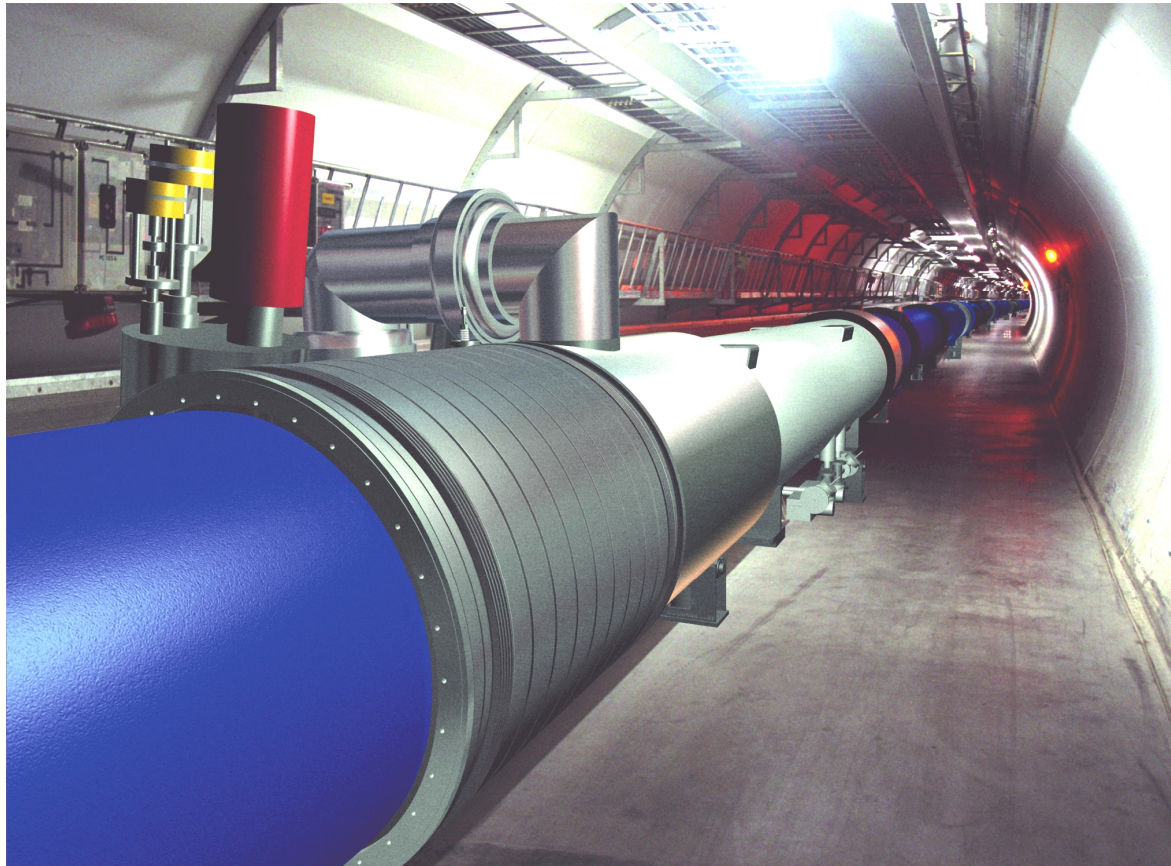
양성자와 양성자

7 TeV + 7 TeV



핵심탐색주제

질량의 근원
암흑물질 특성
원시 플라즈마
물질-반물질
:



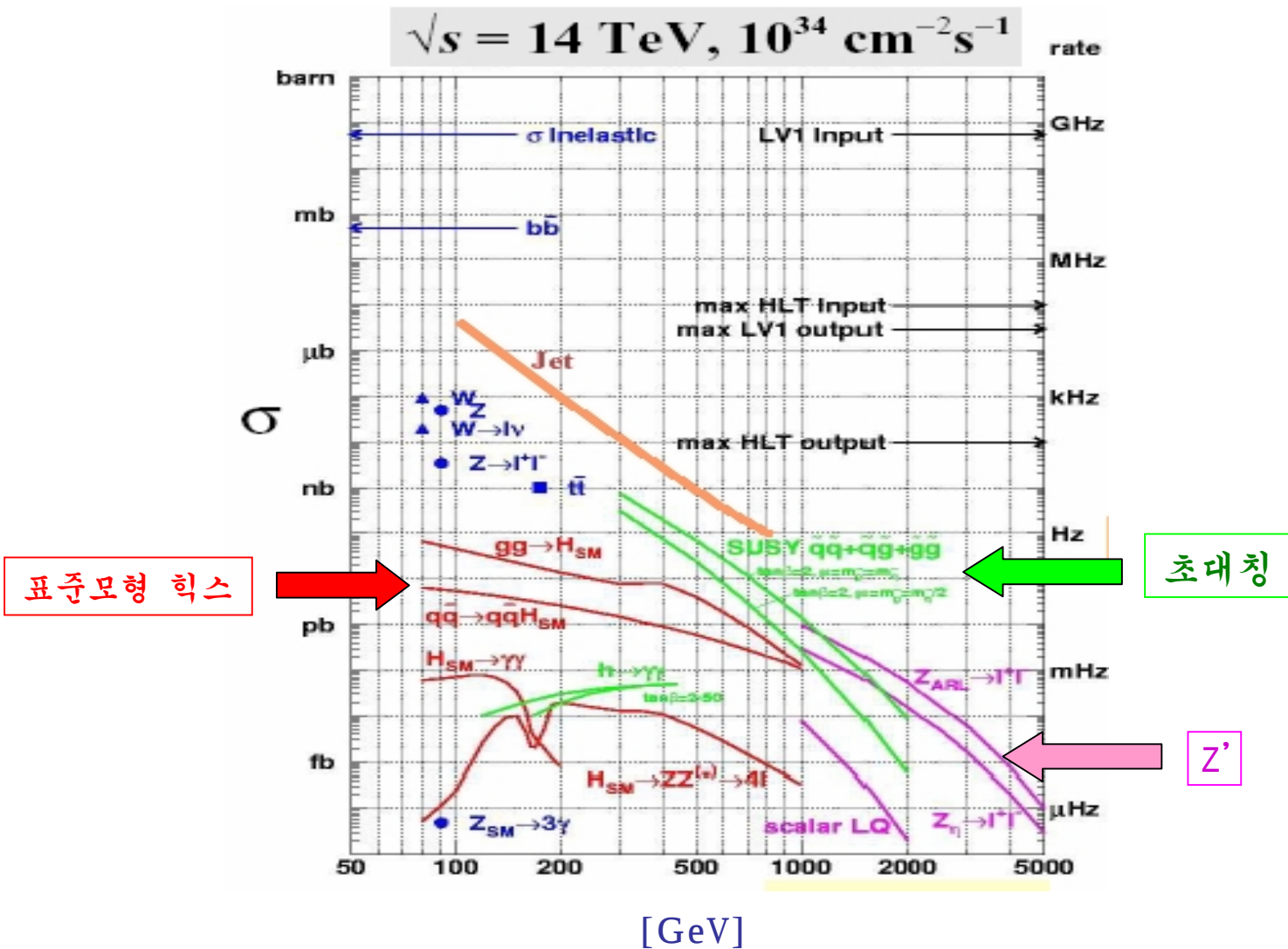
높은 빔광도와 에너지 ➡ 큰 반응을

$$L = 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

반응과정	초당	매년	~ 2007년
$W \rightarrow e\nu$	15	10^8	10^4 LEP / 10^7 Tevatron
$Z \rightarrow ee$	1.5	10^7	10^7 LEP
$t\bar{t}$	1	10^7	10^4 Tevatron
$b\bar{b}$ LHC-b	10^6	$10^{12} - 10^{13}$	10^9 Belle/BaBar ?
H $m=130$ GeV	0.02	10^5	?
$\tilde{g}\tilde{g}$ $m=1$ TeV	0.001	10^4	---
Black holes $m > 3$ TeV ($M_D=3$ TeV, $n=4$)	0.0001	10^3	---
	+ 중이온 충돌		

LHC 는 top, W/Z, Higgs, SUSY 입자 등의 공장
5 TeV정도 질량의 입자까지 발견할 수 있음

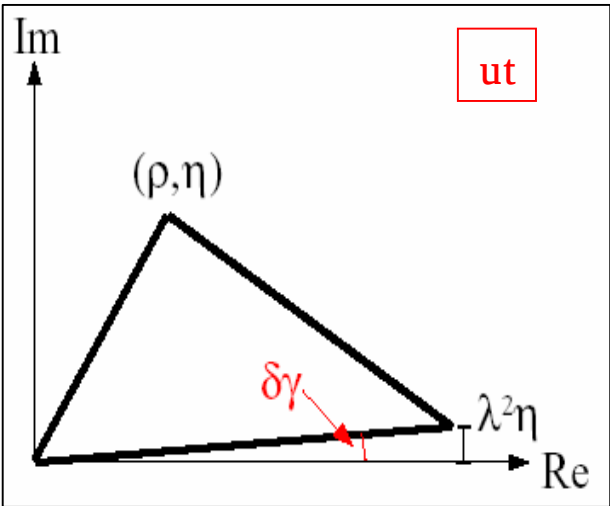
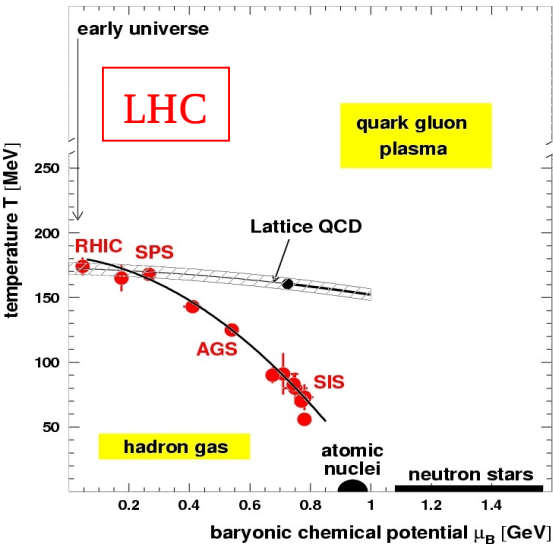
LHC 실험: 건초더미에서 바늘 찾기



다른 종류의 보물 찾기

상대론적 중이온 충돌
 ➡ 쿼크-글루온 플라즈마

물질-반물질 비대칭성
 ➡ B 중간자계의 CP 비보존

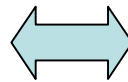


우주론과의 연결고리
 ➡ 급속팽창과 암흑물질
 초기 우주와 물질기원

현재까지 힉스보존 탐색 결과

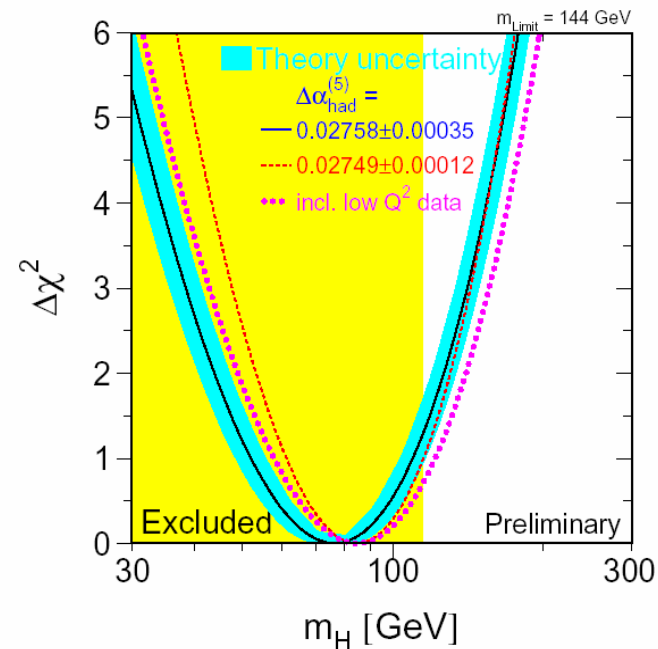
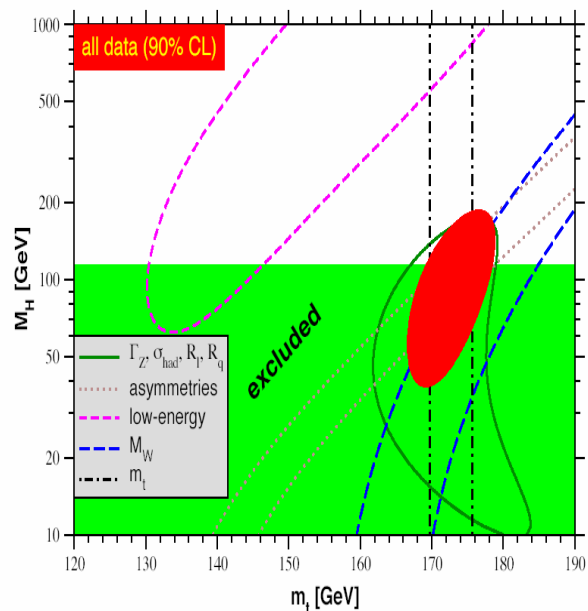
간접적 탐색

정밀분석 @
LEP, SLC 등
톱 쿼크 질량 성공적 예측
힉스질량에 따른 방사보정



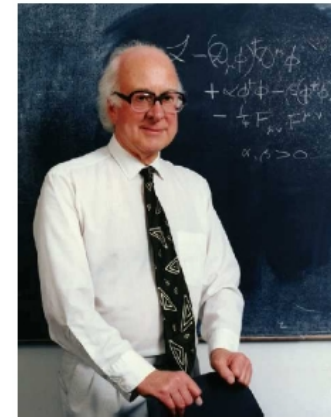
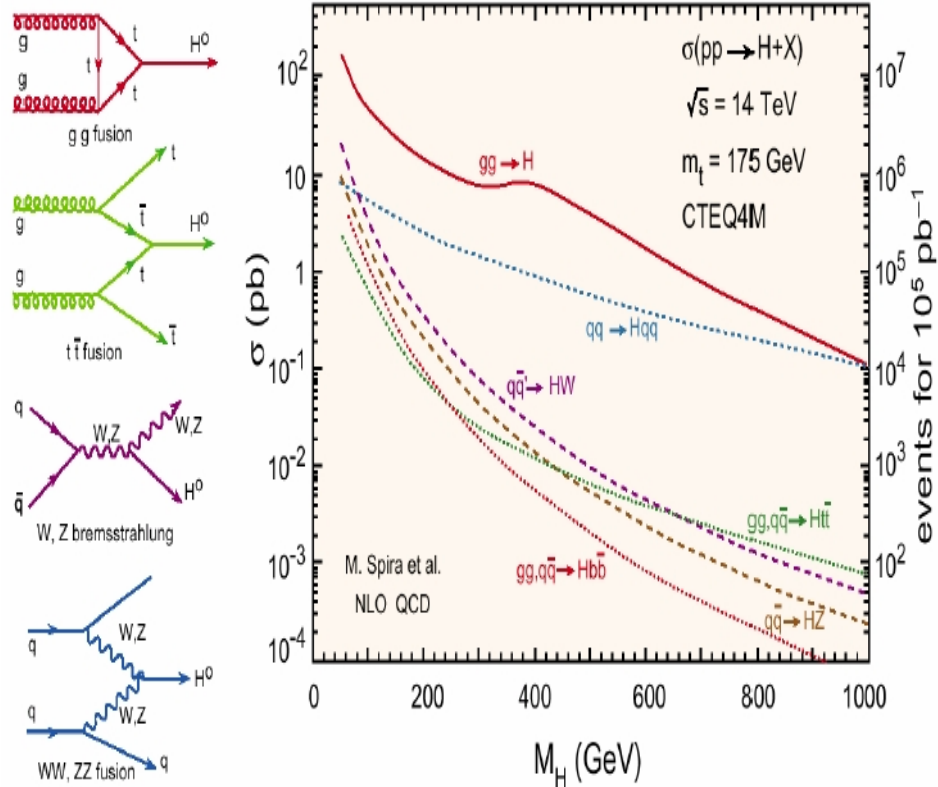
직접적 탐색

LEP 의 탐색
 $e^+e^- \rightarrow ZH$
감질나는 힉트(2000년 후반)
현재 허용 영역 (95%)
 $114.4 < m_H < 144 \text{ GeV}$

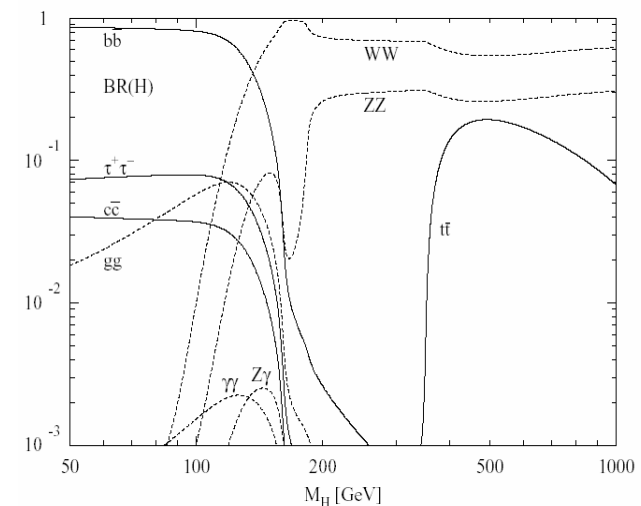


힉스의 생성과 붕괴 @ LHC

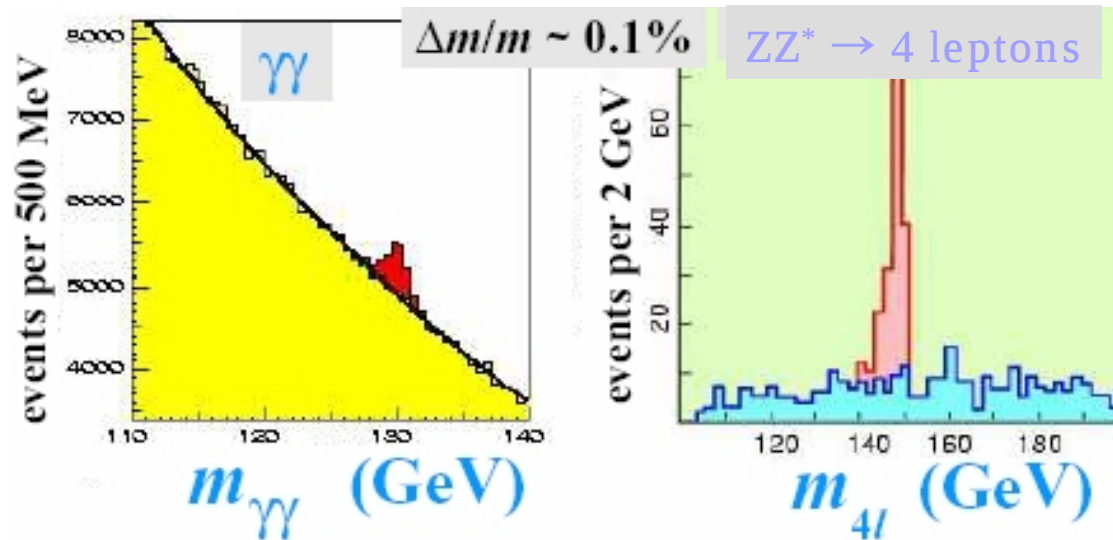
생성과정



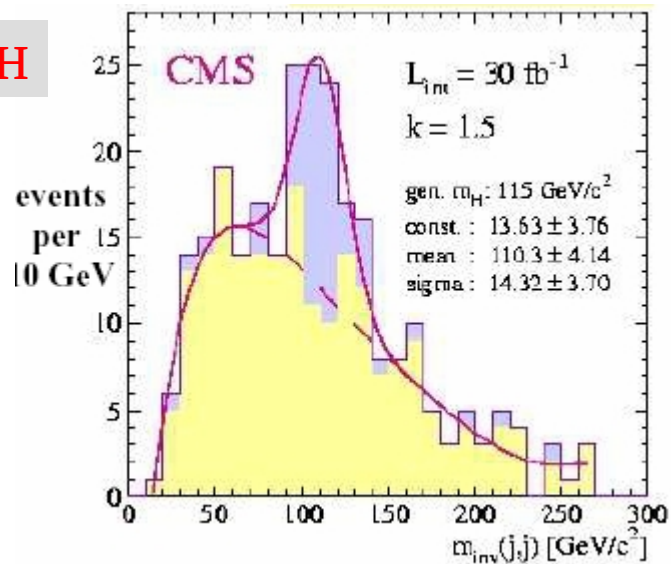
붕괴갈래



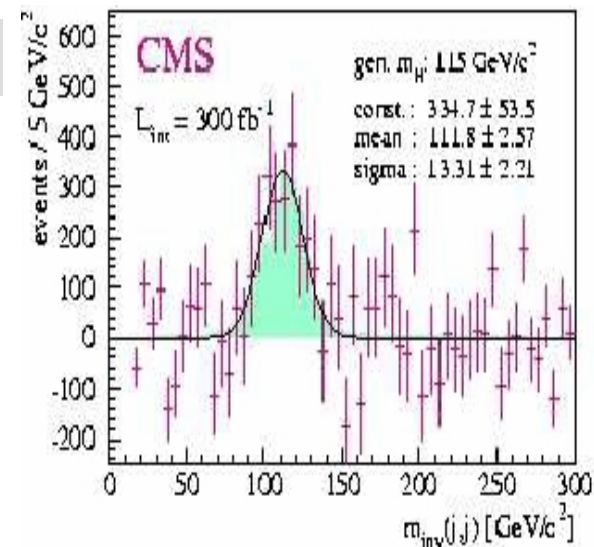
몇 가지 힉스 신호들



ttH

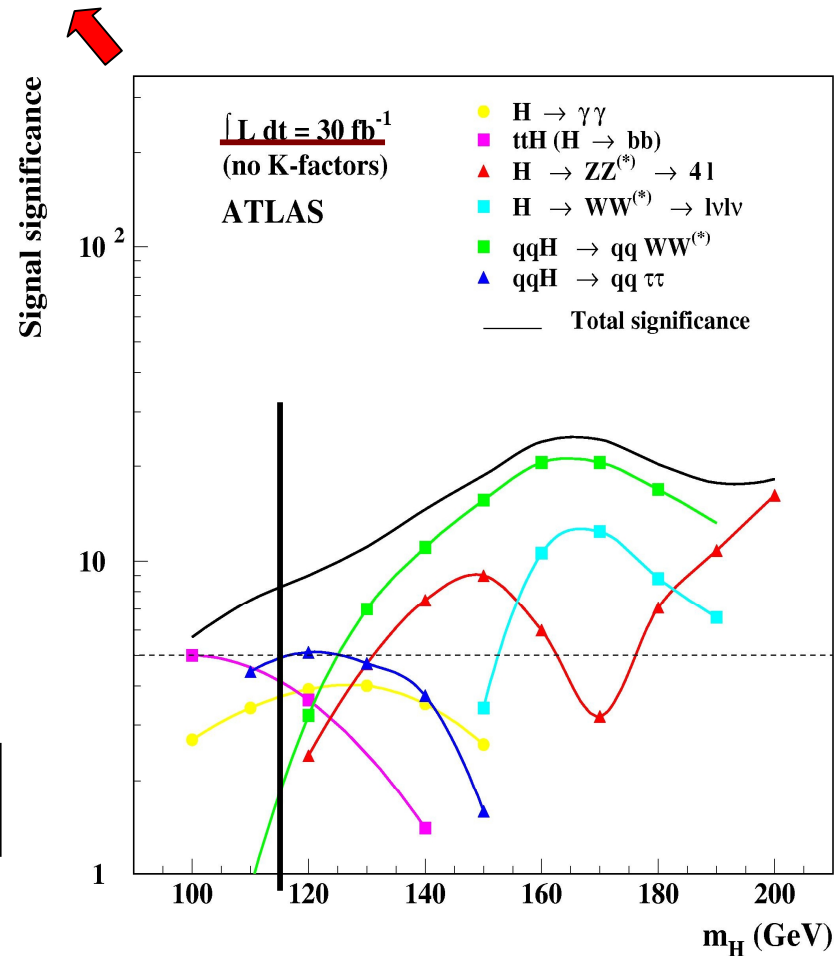
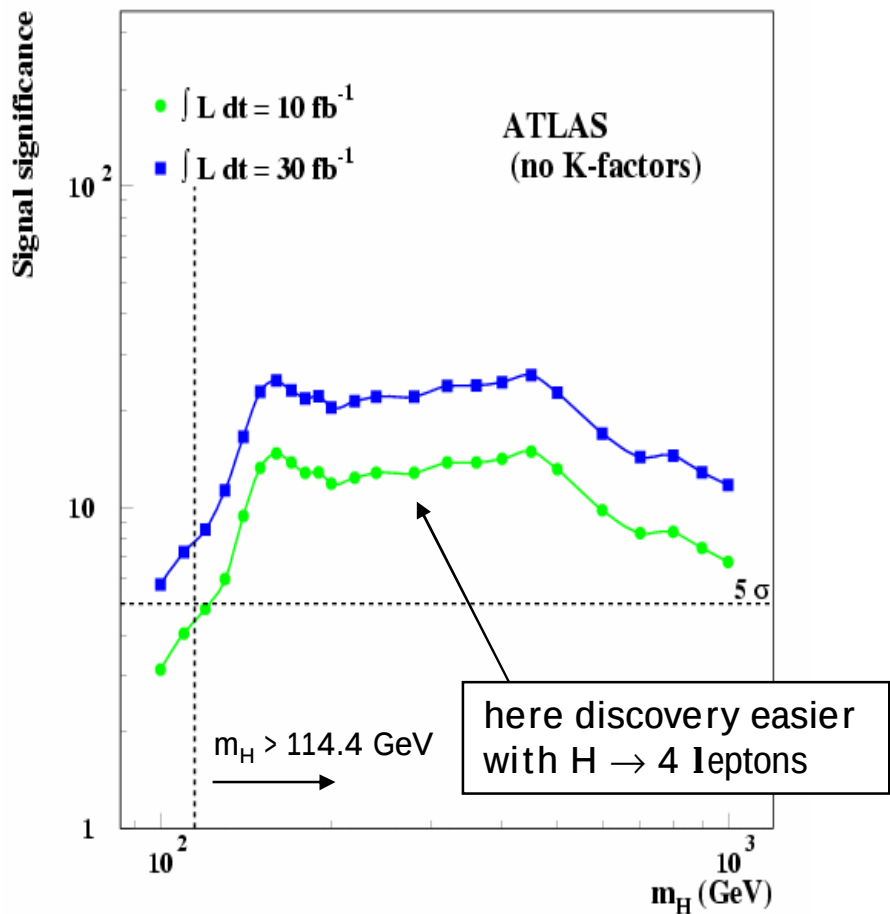


bbH



표준모형 힉스의 검출

초기에 (여러 과정을 통해) 발견될 가능성이 높음



왜 초대칭론은 각광을 받는가?

자연스러운 미세조정

계층성 문제

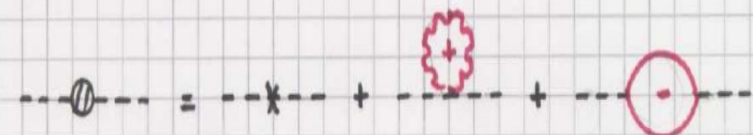
$$M_W \ll M_P \sim 10^{19} \text{ GeV}$$

또는

$$G_F = 1/M_W^2 \gg G_N = 1/M_P^2$$

자연스러움 문제

$$\delta M_{H,W}^2 = O(\alpha/\pi) \Lambda^2$$

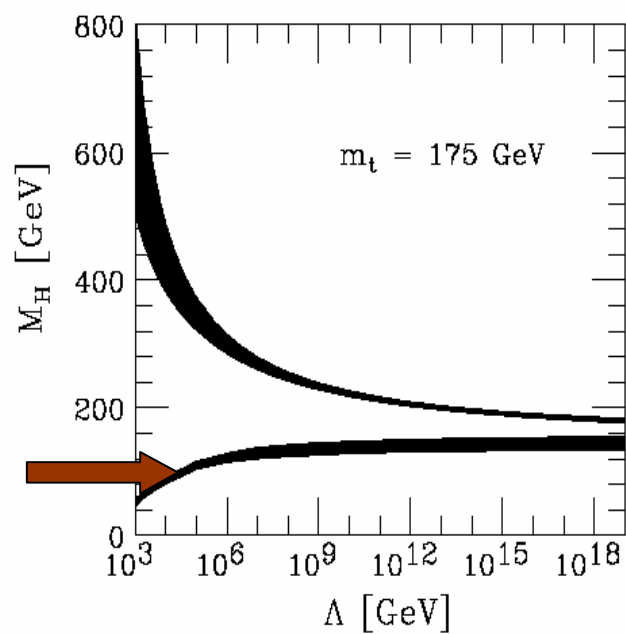


$$M_H^2 = M_0^2 + \alpha[\Lambda^2 - M^2] - \alpha[\Lambda^2 - \tilde{M}^2]$$

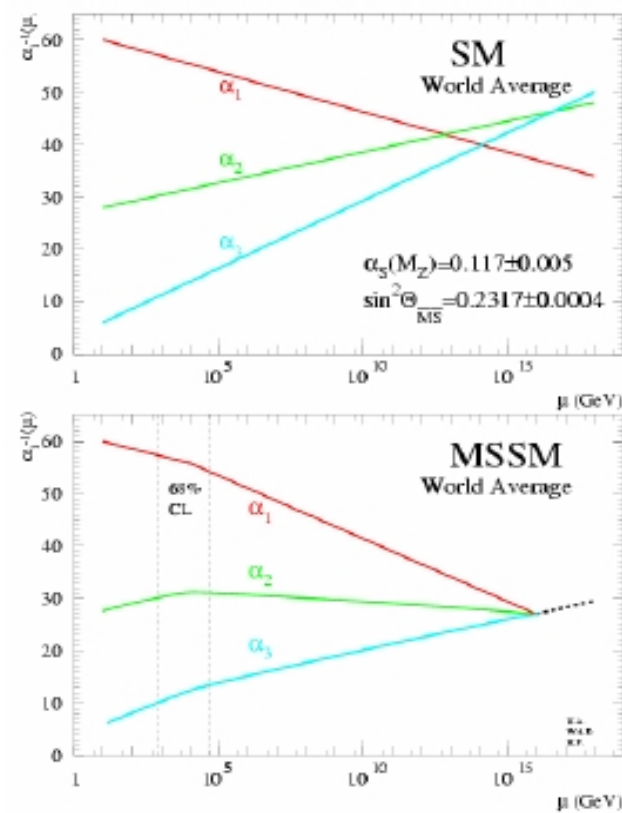


초대칭론이 각광받는 또 다른 이유들

가벼운 힉스 질량 선호



꽤 정교한 상호작용의 통합



초대칭 입자 질량에 대한 제한

LEP과 Tevatron

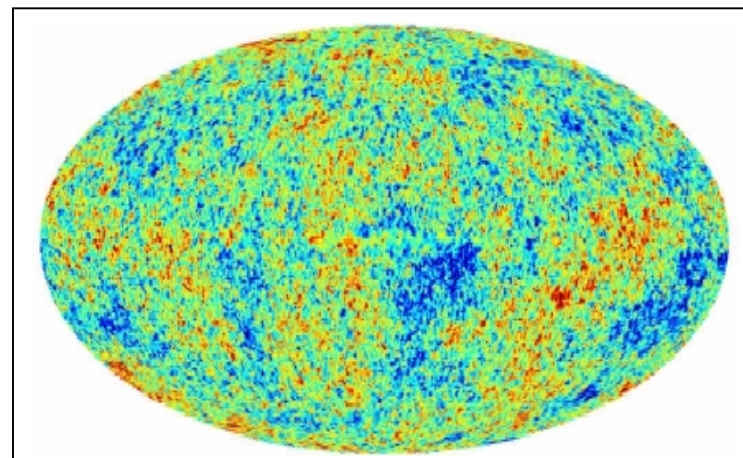
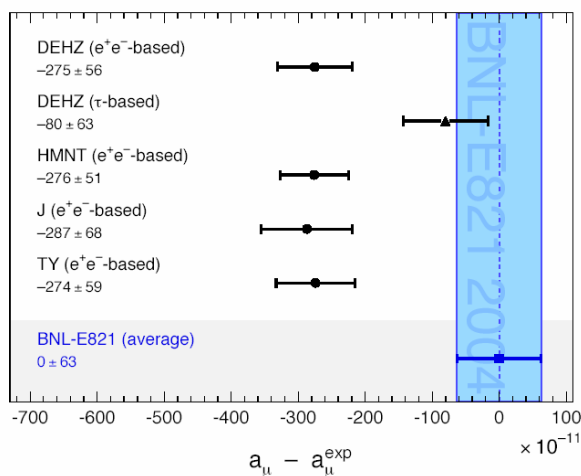
초전자, 차지노 > 100 GeV
초쿼크, 글루이노 > 250 GeV

간접적 제한들

$g_{\mu}-2$, $M_H > 114$ GeV, $b \rightarrow s \gamma$ 등

가장 가벼운 초대칭입자 χ

WMAP: $0.094 < \Omega_{\chi} h^2 < 0.124$

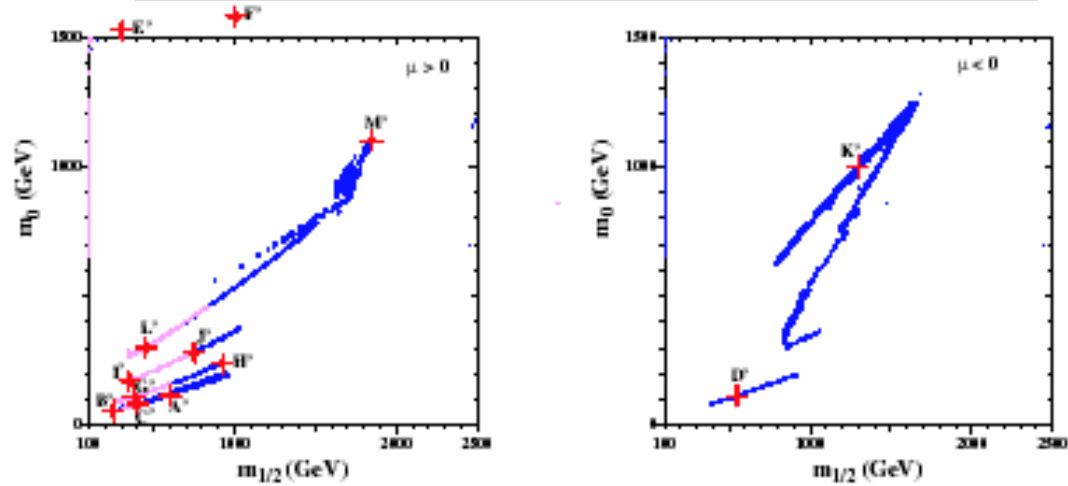


뮤온 비정상 자기모멘트

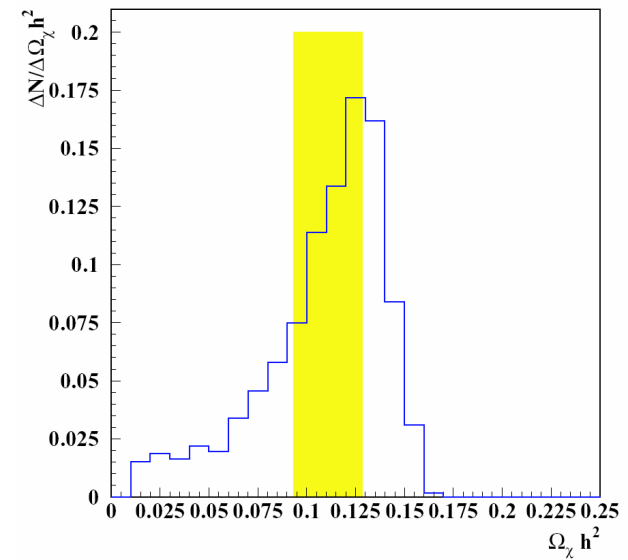
우주배경복사분포

초대칭 벤치마킹

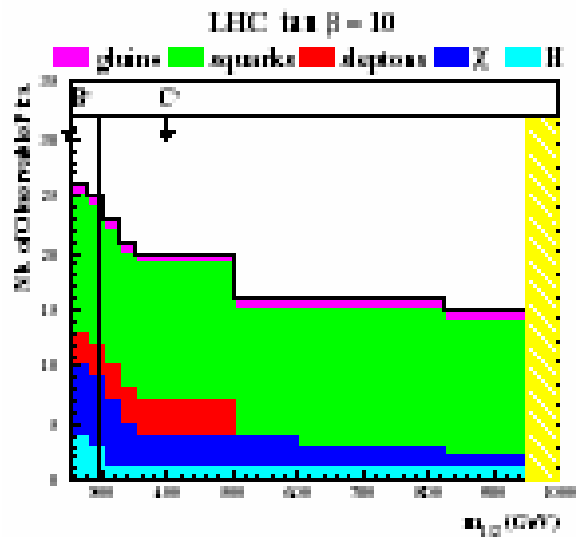
WMAP의 허용영역과 특정 벤치마킹 예들



암흑물질의 밀도 예측



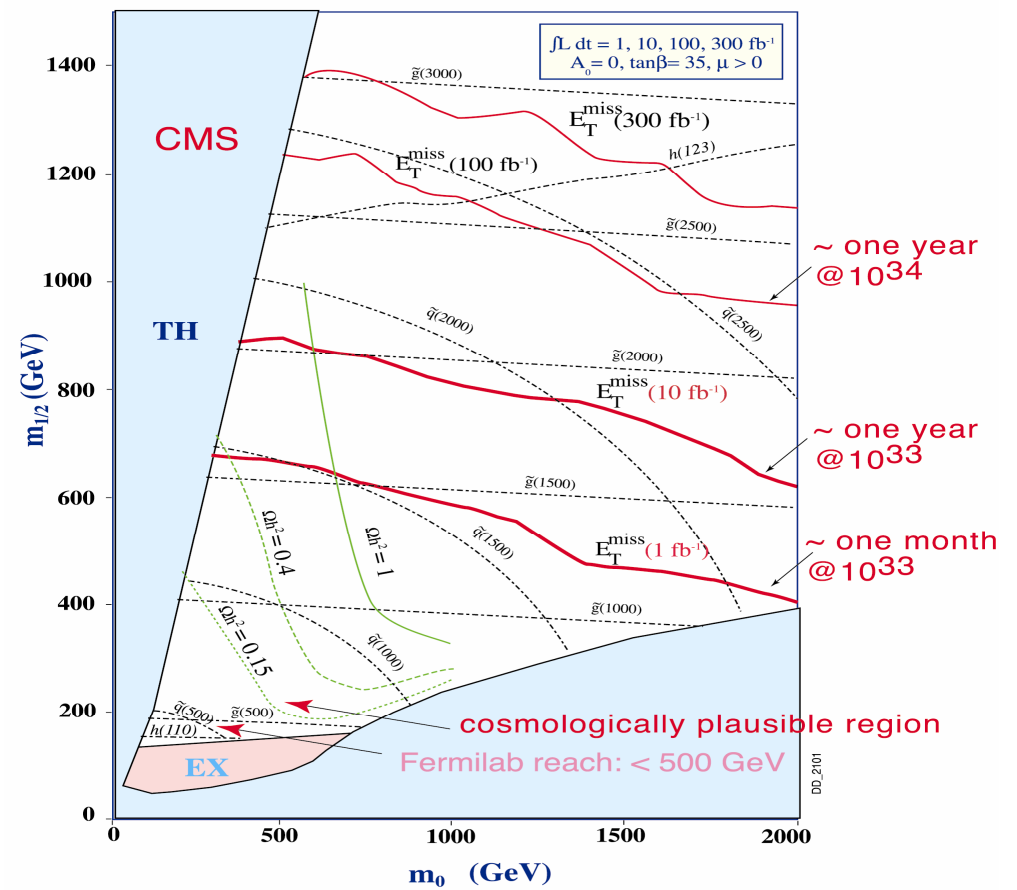
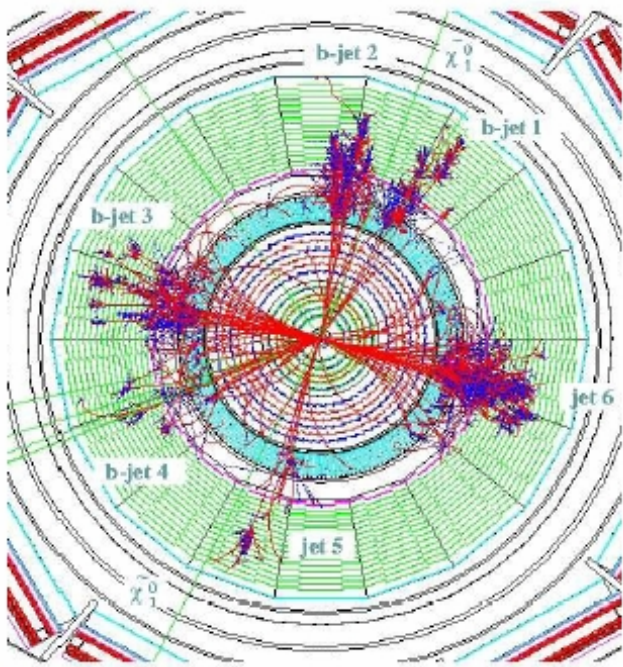
WMAP결과와
일치하면서
초대칭 입자를
검출할 가능성

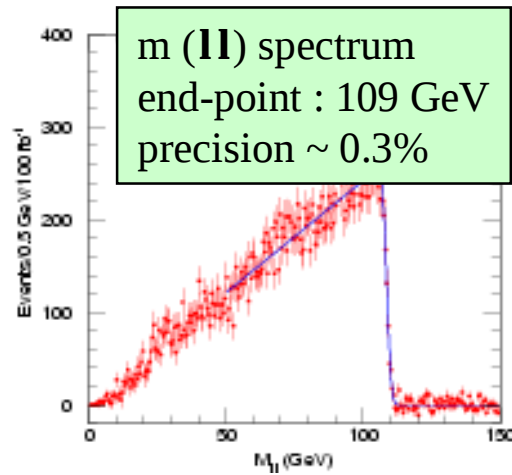


초대칭 탐색 @ LHC

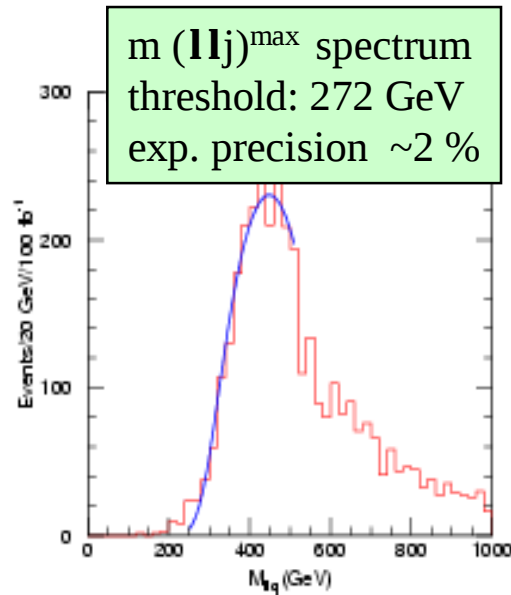
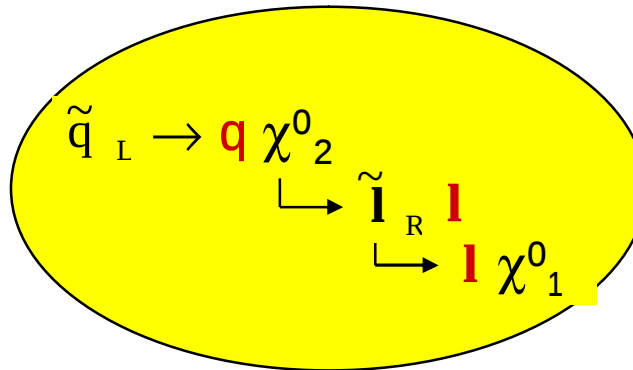
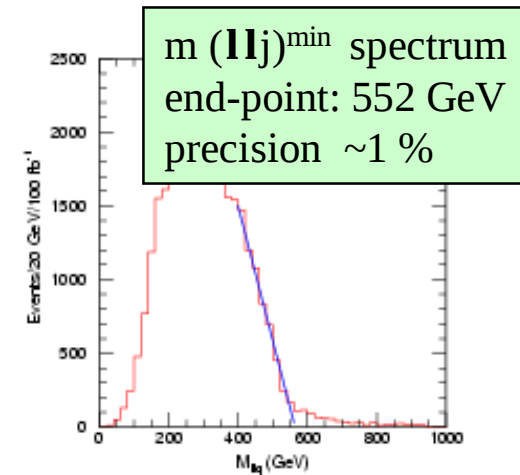
LHC의 초대칭 탐색영역

전형적인 초대칭 과정 중 하나

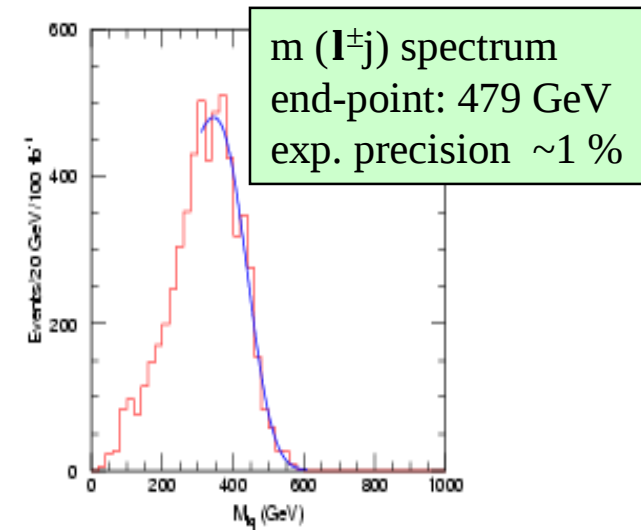




전형적인 초대칭 입자 붕괴 체인의 재구성



$M_{\text{squark}} = 690 \text{ GeV}$
 $M_{\chi'} = 232 \text{ GeV}$
 $M_{\text{slepton}} = 157 \text{ GeV}$
 $M_{\chi} = 121 \text{ GeV}$



초대칭이 아니라면 ☞ 여분 차원론?

일관성 있는 초끈이론에 나타남

게이지-중력의 통합 @ TeV

초대칭성 깨짐의 근원

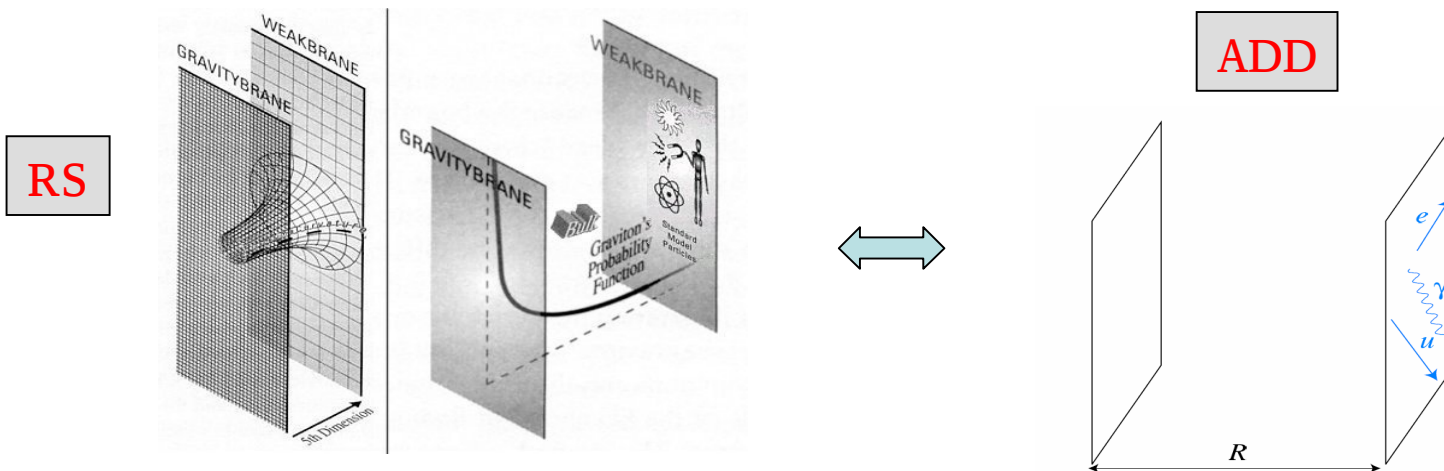
계층성 문제의 재해석

$$\frac{G_{n+3}}{R^{n+2}} = \frac{G_N}{R^2} \Rightarrow G_{n+3} = G_N R^n$$

$$M^{n+2} R^n = M_{\text{Pl}}^2 \quad (\hbar = c = 1)$$

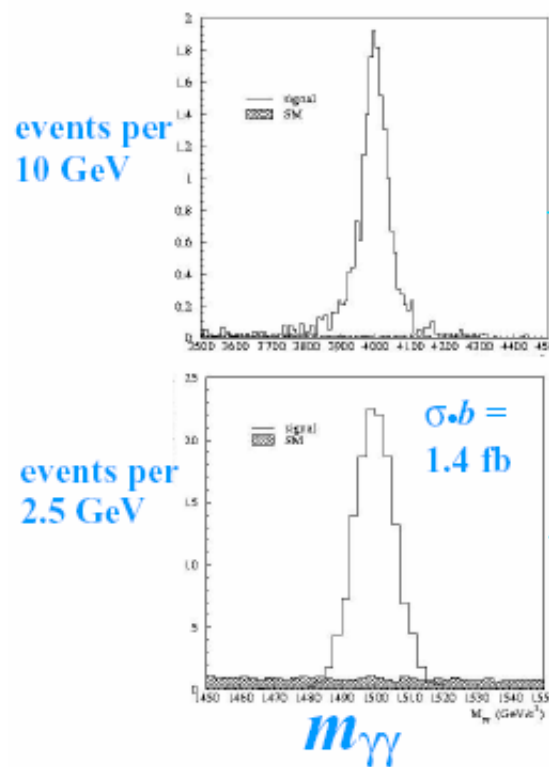


$$\frac{M}{M_{\text{Pl}}} \sim \frac{10^3 \text{ GeV}}{10^{19} \text{ GeV}} \Rightarrow R \sim \begin{cases} 10^{15} \text{ cm} & (n=1) \\ 10^{-1} \text{ cm} & (n=2) \\ 10^{-6} \text{ cm} & (n=3) \\ 10^{-12} \text{ cm} & (n=4) \end{cases}$$



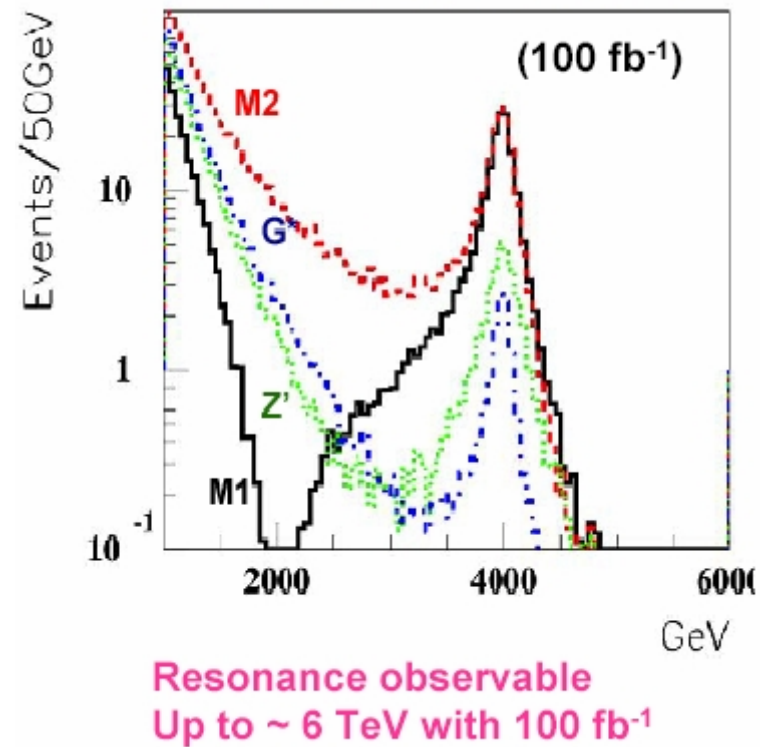
여분 차원의 존재가 드러내는 신호들

중력 상호작용을 통하여



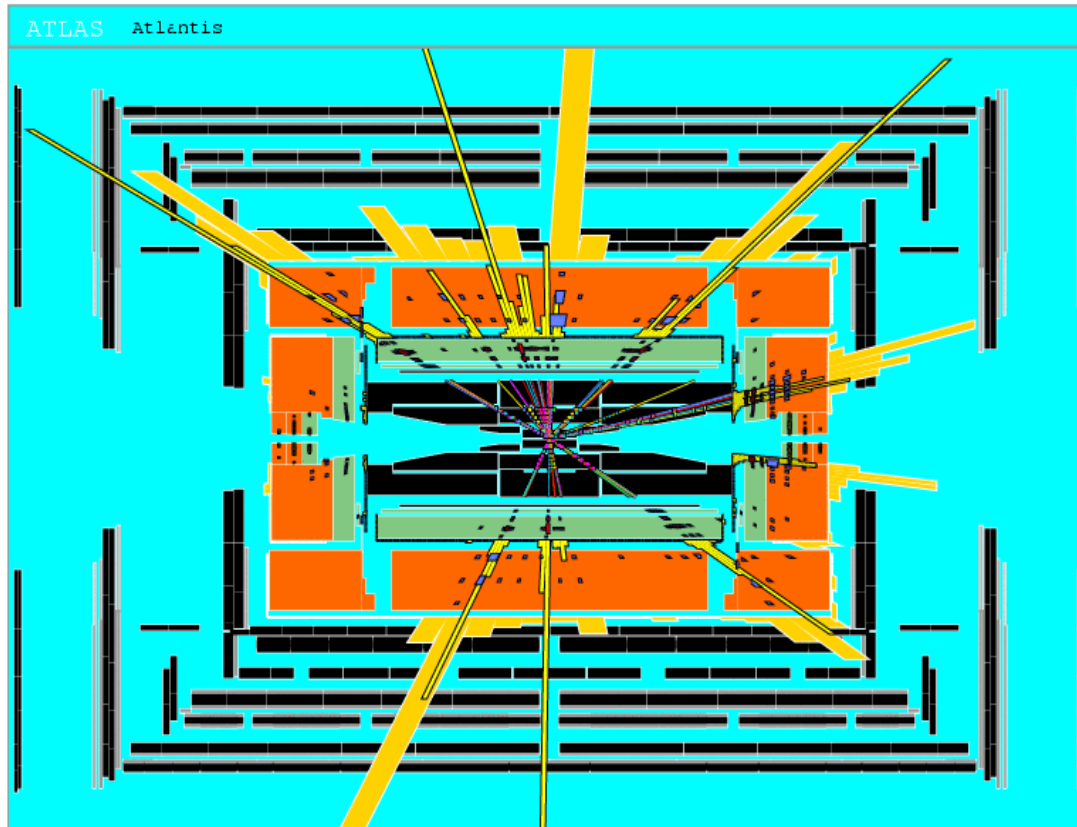
중력자 이중광자 공명

게이지 상호작용을 통하여



Z 보손 이중광자 공명

중력이 TeV 영역에서 강해져 ☞ 블랙홀 생성 @ LHC

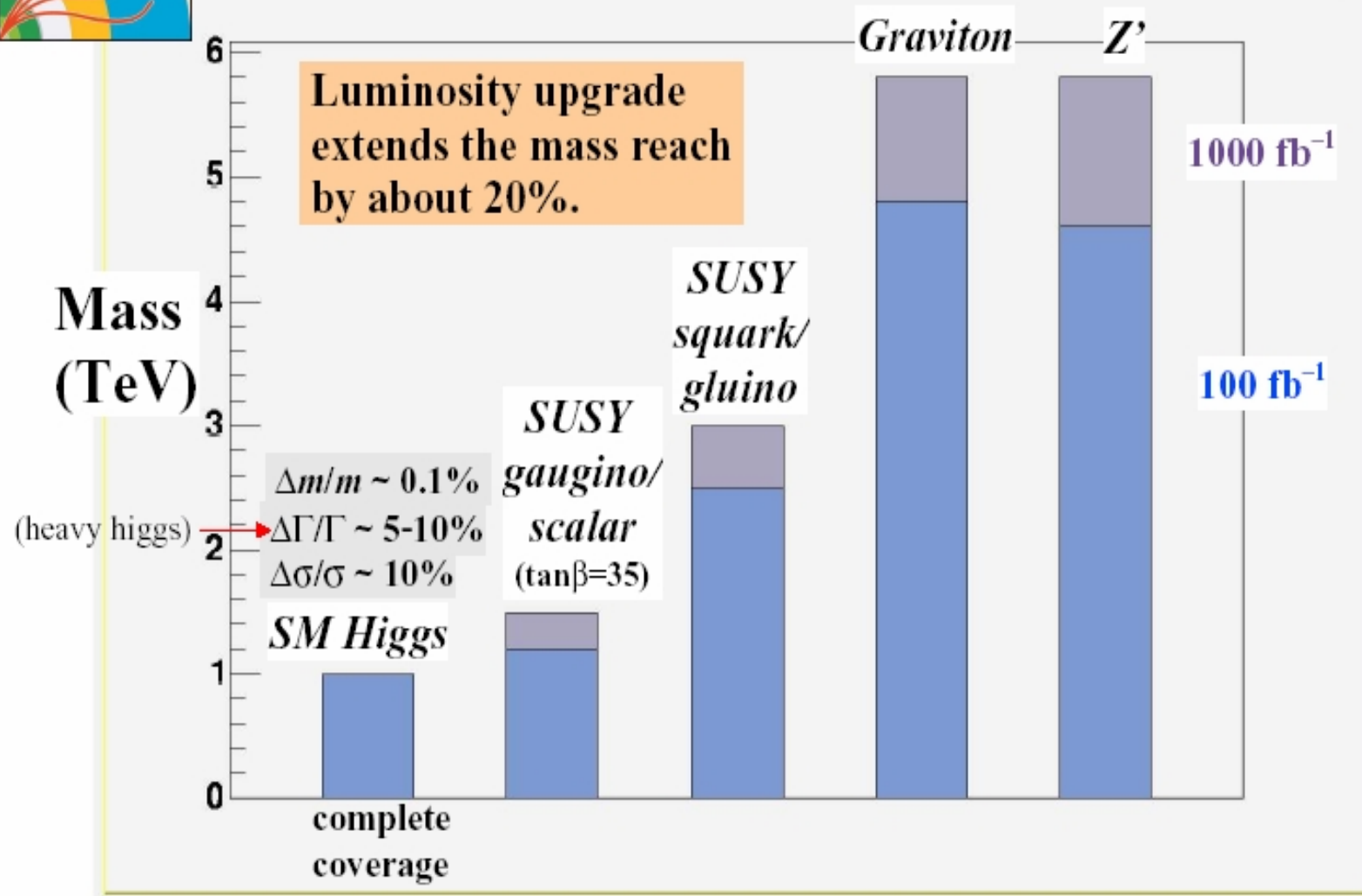


호킹 방사

다중 젤입자들
경입자들
:



LHC에서 도달 가능한 질량크기



결론: LHC 새로운 차원 탐색

새로운 에너지 차원 ~ TeV
질량의 근원

새로운 공간차원
보통의 보존적 공간인가?
페르미온적 양자공간인가?

새로운 시간차원 ~ 빅뱅 후 10^{-12} 초
원시스프
암흑물질
물질기원

전초더미에서 바늘 찾기
정교하고 신속한 측정
신뢰도 높은 재구성

핵심참고자료

J. Ellis의 LHC물리관련 강연들
School on Physics at LHC: "Expecting LHC"
(2006년 9월 11-16일)

