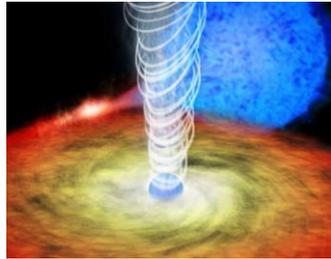
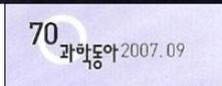
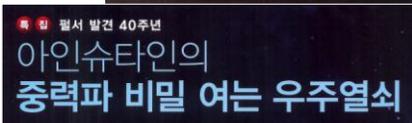
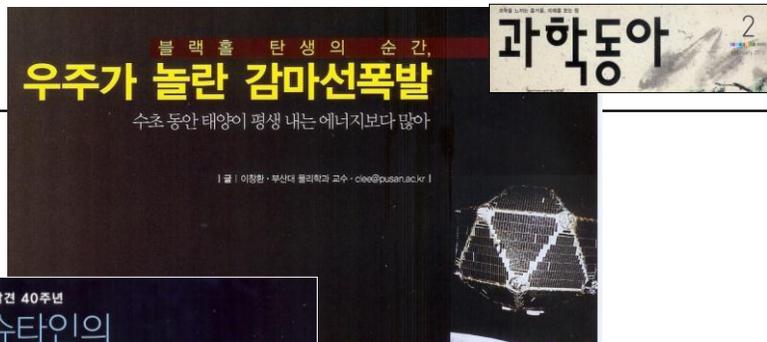


블랙홀에 얽힌 우주이야기

보이지 않는 것을 보기 위한 인류의 끝없는 노력



한국물리학회@2011.10.19

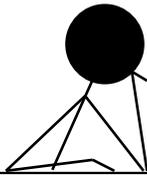


한국물리학회@2011.10.19

블랙홀은 우리 가까이에 있다

한국물리학회@2011.10.19

5



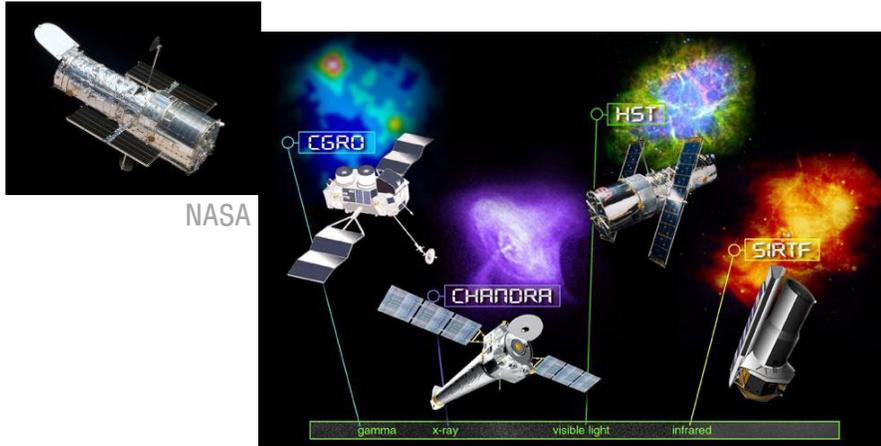
보이지 않는 것을 어떻게 볼 수 있을까?

한국물리학회@2011.10.19

6

관측기술의 발달

인공위성탐재망원경

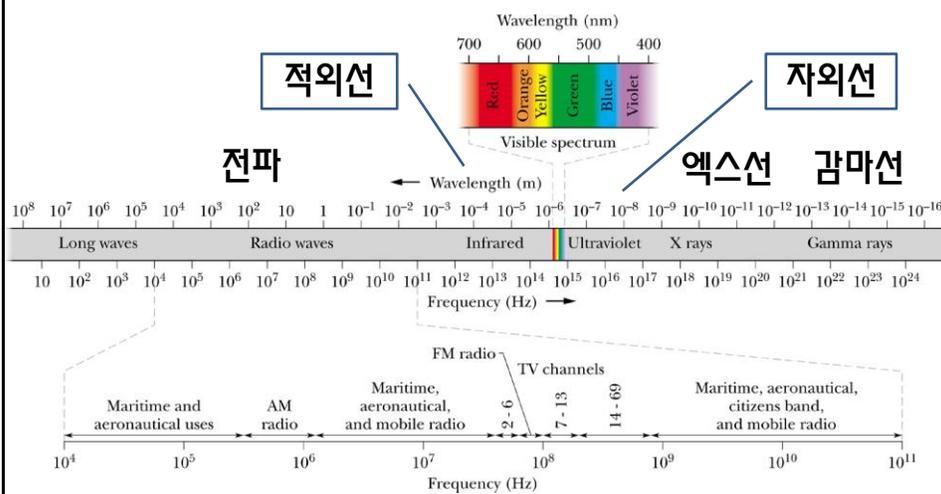


NASA

한국물리학회@2011.10.19

7

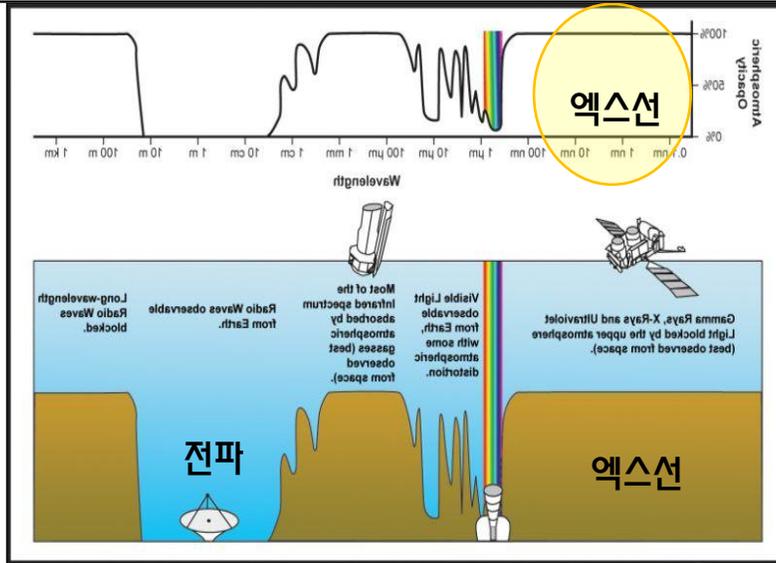
맥스웰의 무지개



한국물리학회@2011.10.19

8

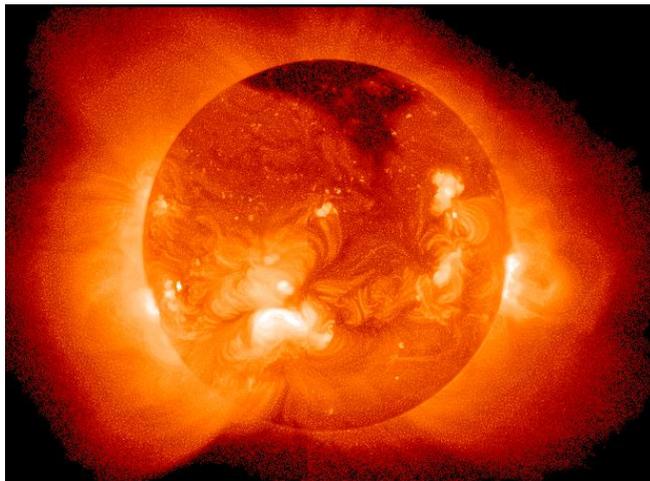
빛의 대기 투과도



한국물리학회@2011.10.19

9

엑스선으로 본 태양



Yohkoh X-ray telescope

한국물리학회@2011.10.19

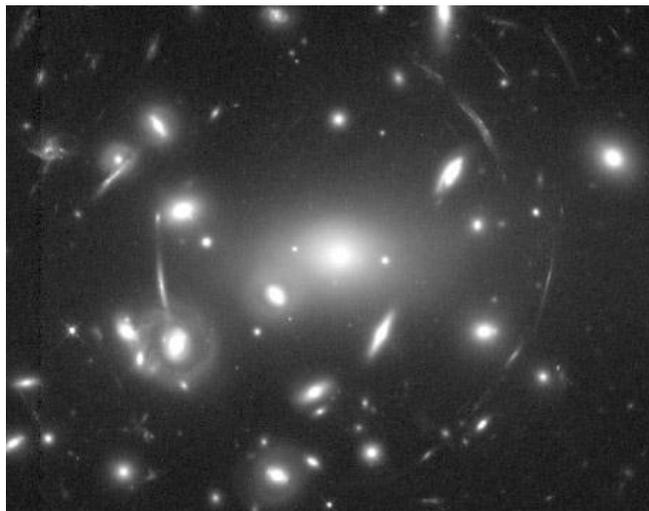
10

다음의 사진들이 의미하는 것은?

한국물리학회@2011.10.19

11

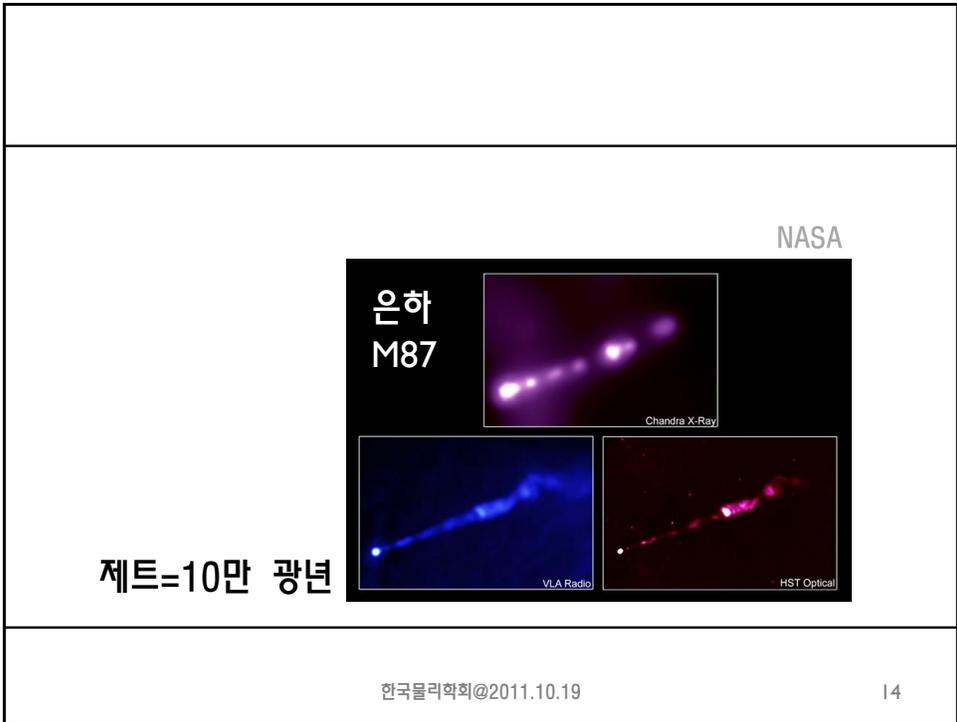
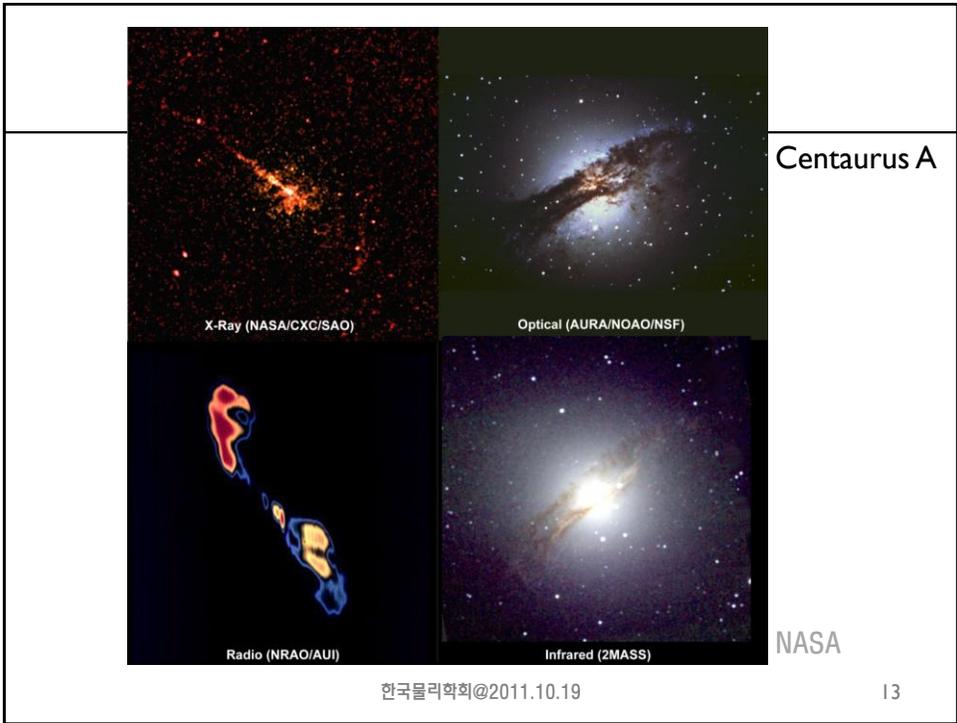
허블망원경: 원호 모양의 천체는 무엇일까?



NASA

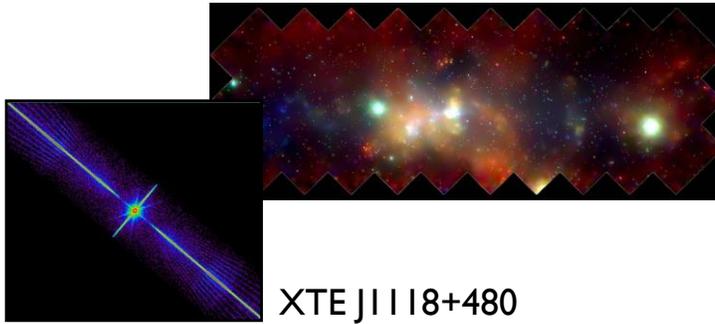
한국물리학회@2011.10.19

12



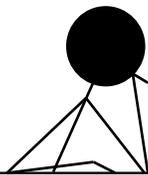
엑스선으로 본 은하수

NASA



XTE J1118+480

- 새롭게 발견된 우주 폭발 현상
- 블랙홀의 발견
- 블랙홀 탄생과 중력파의 미래



도대체 우주에서는 무슨 일이 일어나고 있는 거야?

새롭게 발견된 우주 폭발 현상들

한국물리학회@2011.10.19

17

새롭게 발견된 우주 폭발 현상들

▪ 감마선폭발 (Gamma Ray Bursts)

블랙홀 탄생의 순간,
우주가 놀란 감마선폭발
수초 동안 태양이 평생 내는 에너지보다 많아

| 글 | 이창환 · 부산대 물리학과 교수 · cleeh@pusan.ac.kr |

폭발
광속으로 질량 증가
분열

폭발하는 별이
우주를 밝히는 동시에
우주 공간을 밝게
만들고 있다.

분열은 양방향으로
확대되어 갈수록
폭발 후 남은
물질은 초신성 폭발
이 된다.

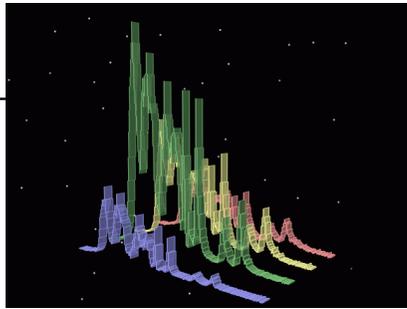
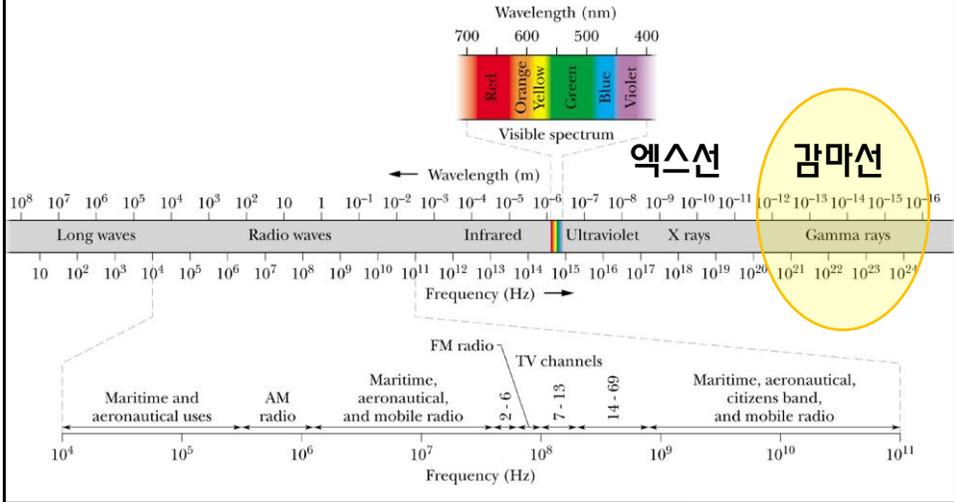
핵심질량을 100~140배인 별
핵의 질량을 거의 모든 질량이 인공이
인공이 된다. 이후 질량이 계속 증가하여 중
심핵의 질량이 3배가 된다. 그 뒤 블랙홀로
이 된다. 블랙홀이 회전하지 않을 경우
중심이 회전하면서 블랙홀 질량이 늘어난 후
분열을 일으키는 것이다. 모든 우주에서
같은 블랙홀은 모두 질량을 증가시키는
질량 방출을 형성하는데, 블랙홀의 회전
축이 초신성 폭발이 일어나고 중심이
블랙홀이 된다.

과학동아 2

한국물리학회@2011.10.19

18

맥스웰의 무지개



지속시간: 1/1000초 - #분

우주 감마선폭발

최초관측
1970s : Vela 위성
(핵실험감시위성)



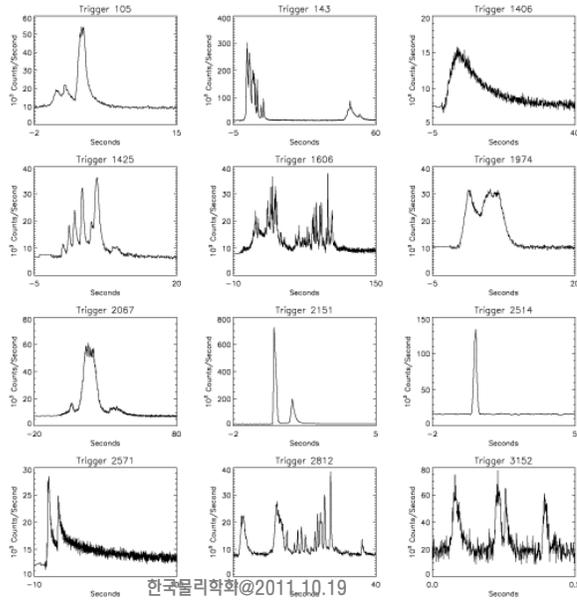
CGRO(1991-2000)

Swift(2004-)

우주감마선관측위성

- 1990s: CGRO, Beppo-SAX
- 2000s: HETE-II, Swift

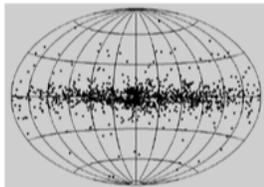
다양한 감마선폭발 빛의 세기 변화



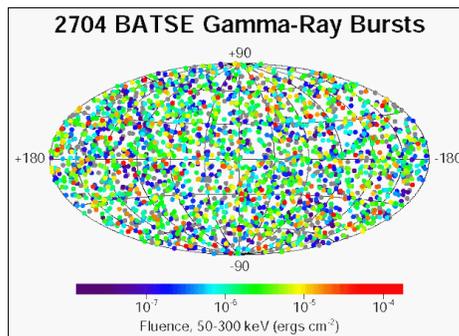
한국물리학회@2011.10.19

감마선폭발은 어디에서 일어나는가?

감마선폭발 천체 분포

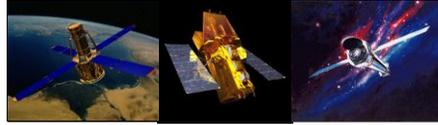
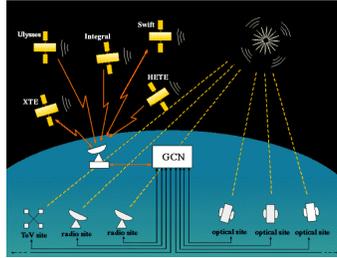


우리은하 내부?



외부 은하?

Long-감마선폭발 : 후광(afterglow) 관측



감마선,엑스선: RHESSI, Swift, Chandra



Optical: palomar, Keck

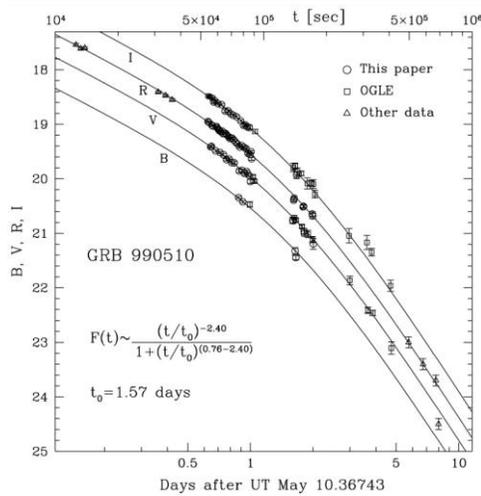


100GHz: Carma



GHz: VLA, WRST

Long-감마선폭발 : 후광 관측



감마선폭발 모체
은하 발견



외부은하 거리 추정



감마선폭발 천체
거리추정 가능

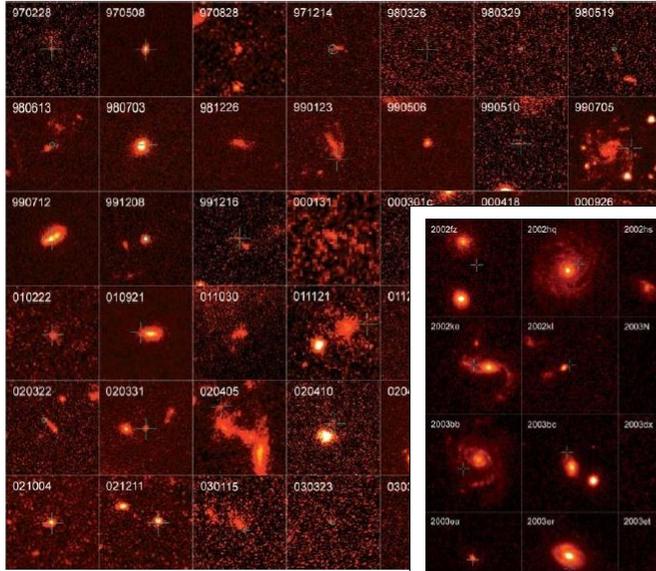


Figure 1 | A mosaic of GRB host galaxies imaged by HST. Each individual image is the WFPC2

Fruchter et al., Nature 441

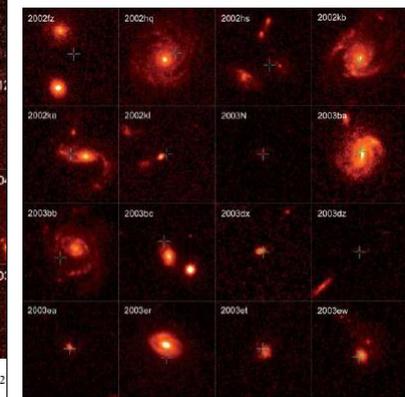


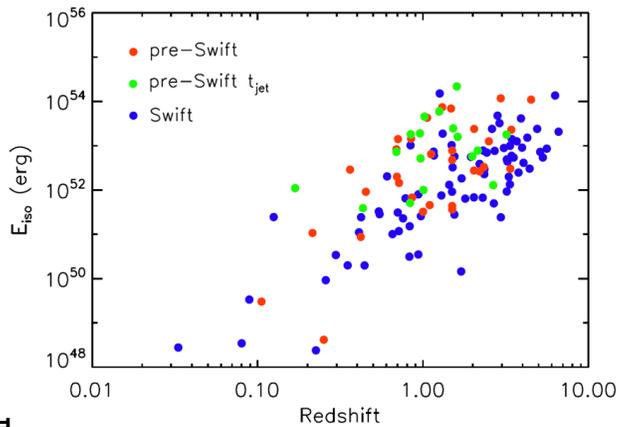
Figure 2 | A mosaic of core-collapse supernova host galaxies imaged with HST as part of the GOODS programme. Each image in the mosaic has a

한국물리학회@2011.10.19

25

Long 감마선폭발 : 거리(적색편이:z) 분포

GRB090423: z=8.2 (빅뱅후 6억년)



태양=10³³erg/s

우주나이 140억년

z=1: 100억 광년 (빅뱅후60억년)

한국물리학회@2011.10.19

26

Gamma-Raybursts

The Most Powerful Events in the Universe

Gamma-Ray Bursts are the brightest events in the Universe. During their peak, they emit more energy than all the stars and galaxies in the Universe combined!

IMAGINE THE UNIVERSE!
<http://imagine.gsfc.nasa.gov/>

Long-감마선폭발

- 현재 우주에서 관측되는 가장 밝은 폭발
- 초신성의 10^{10} 밝기
- 태양의 10^{28} 밝기
- 초신성과 연관성 발견

GRB980425 SNI998bw

한국물리학회@2011.10.19 27

무엇이 빅뱅 이후 우주의 가장 강력한 폭발을 일으키는가?

블랙홀

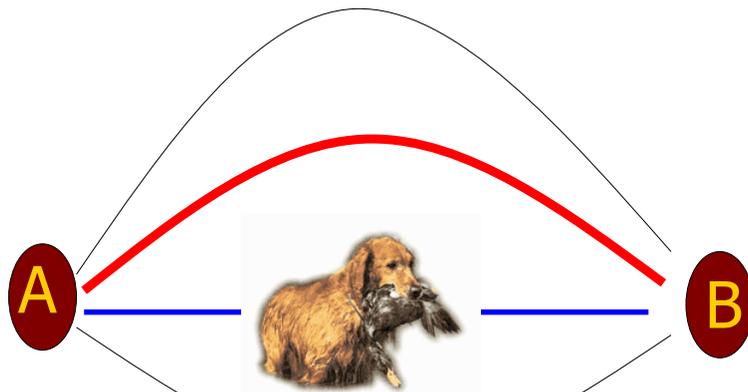
한국물리학회@2011.10.19 28

블랙홀 이란 무엇일까?

한국물리학회@2011.10.19

29

A에서 B로 가는 가장 빠른 경로는?

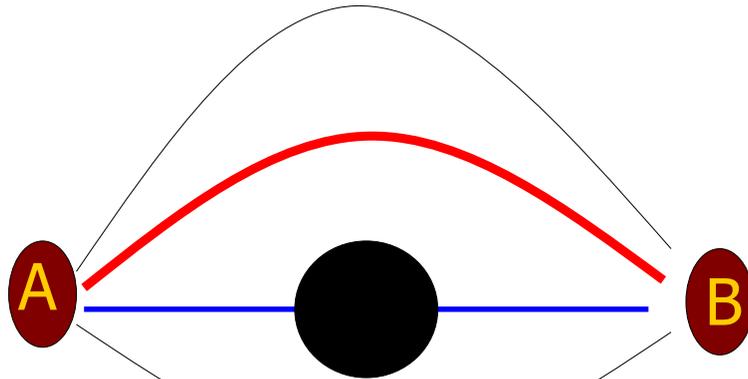


최단거리(시간+공간)는 상황(물질)에 따라 달라짐 !

한국물리학회@2011.10.19

30

일반상대론: A에서 B로 가는 가장 빠른 경로는?

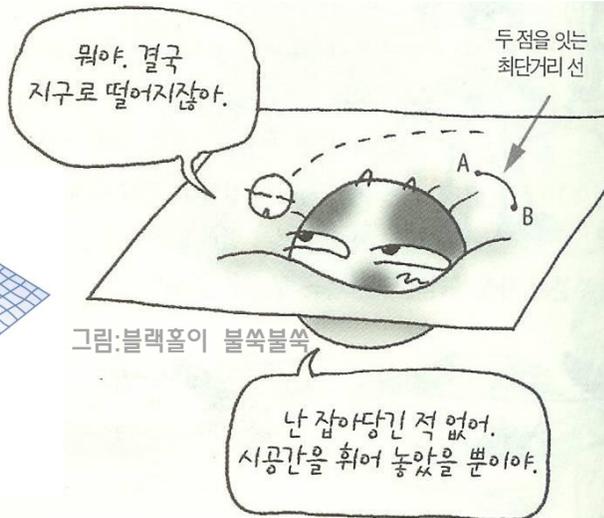
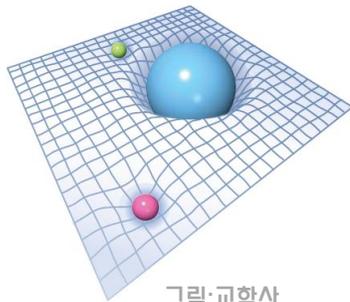


빛은 일정한 속도로 가장 빠른 경로로 이동함 !!

한국물리학회@2011.10.19

31

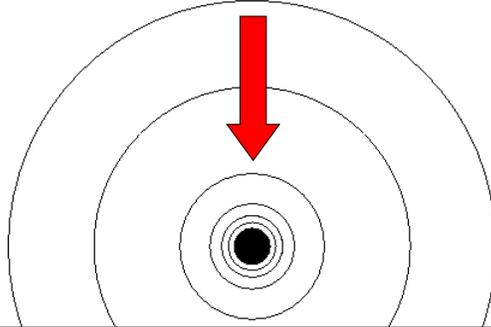
빛이 가장 빠른 경로를 어떻게 알고 찾아 가는가?



한국물리학회@2011.10.19

32

휘어진 2차원 공간



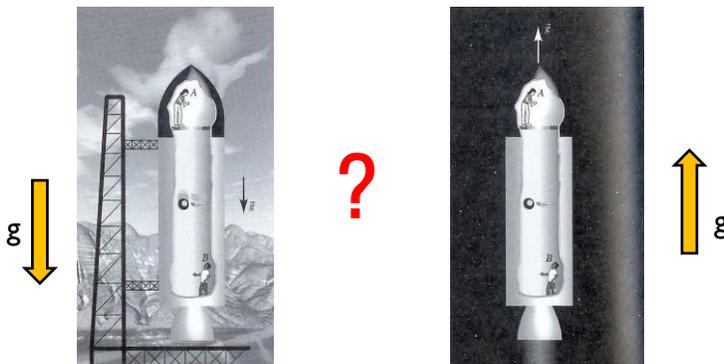
물체에 다가가는 빛은 같은 속도로 접근하지만,
위에서 볼 때 물체 근처에서 속도가 느려질 경우
공간이 휘었다고 함.

한국물리학회@2011.10.19

33

등가원리의 관점에서 바라본 블랙홀이란?

- 우주선 안에서 물건을 자유낙하 시키면
중력가속도와 운동가속도를 구분할 수 있을까?

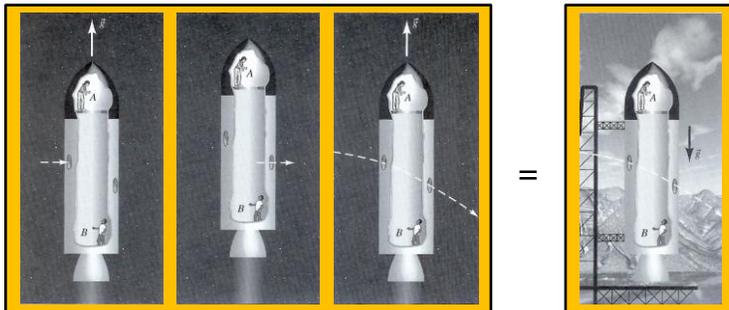


한국물리학회@2011.10.19

34

일반상대론 (1915년)

중력가속도와 운동가속도를 구분할 수 없다면?



중력이 있으면 빛은 휘다 !

1919년 개기일식

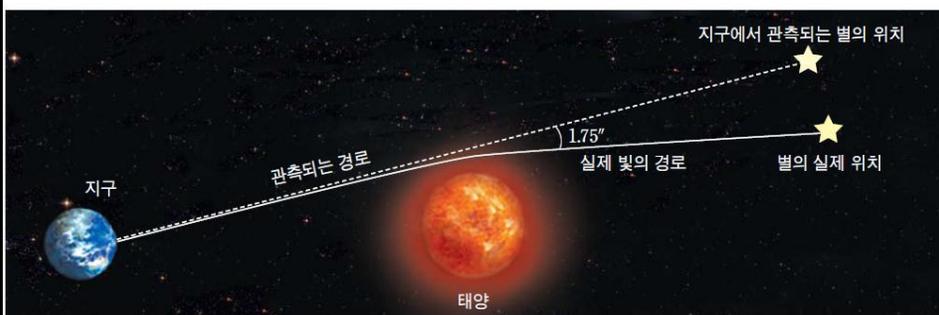
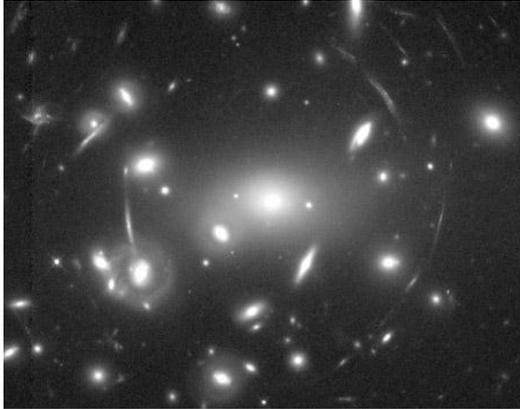
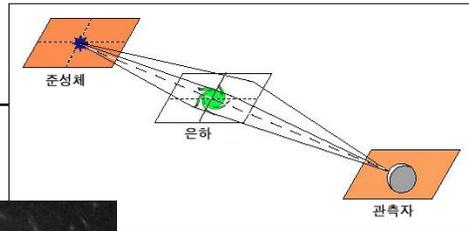


그림: 교학사

중력렌즈



NASA

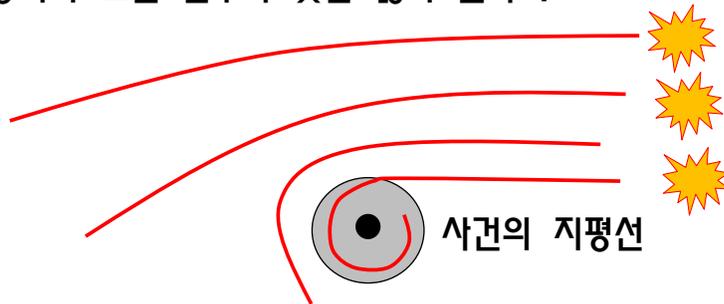


37

한국물리학회@2011.10.19

블랙홀

- 중력이 크면 클수록 빛은 많이 휘다 !



블랙홀 = 빛이 너무 많이 휘어서 빠져 나올 수 없는 별

한국물리학회@2011.10.19

38

이론적 블랙홀

아인슈타인의 일반상대성이론

- 태양반경: 3 km
- 지구반경: 9 mm



의문:

- 이론적 허구 ?
- 우주에 존재 ?



블랙홀의 발견

1972년 블랙홀 존재 최초 확인!



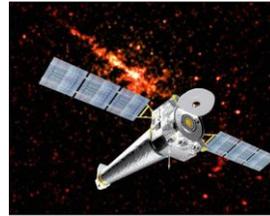
지아코니 박사

엑스선 망원경 [2002년 노벨물리학상]

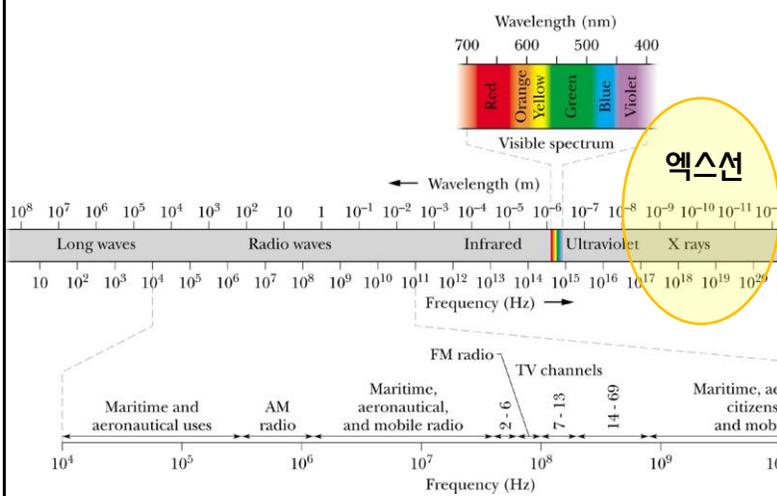
- 최초관측 1962 (로켓)
- 위성탐재 엑스선 망원경

Uhuru (Dec. 1970, 최초)
 Chandra (NASA)
 XMM-Newton (Europe)
 XEUS (ESA)

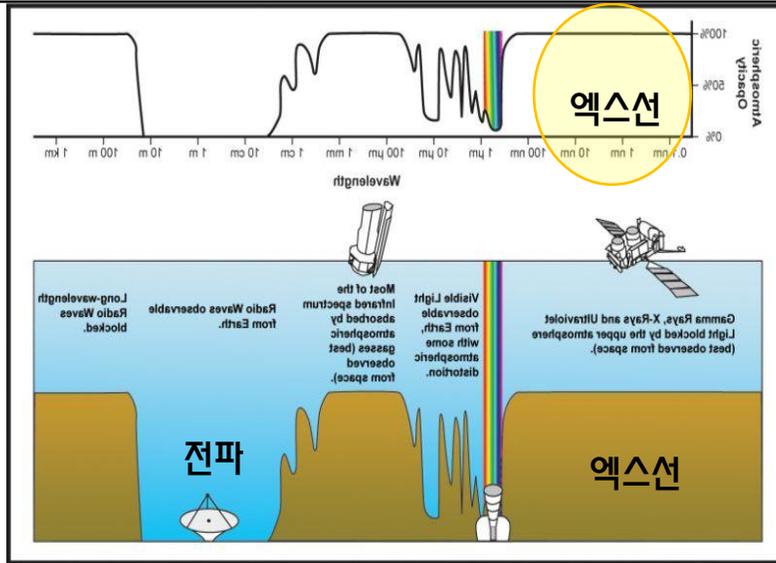
Chandra (NASA)



맥스웰의 무지개

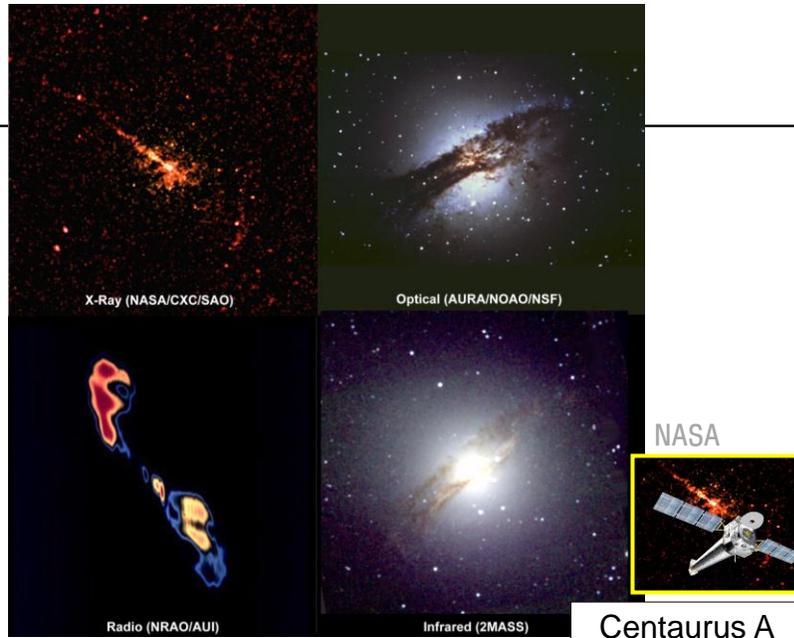


빛의 대기 투과도



한국물리학회@2011.10.19

43

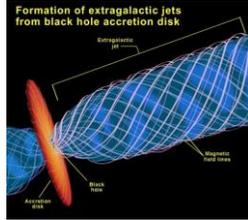


한국물리학회@2011.10.19

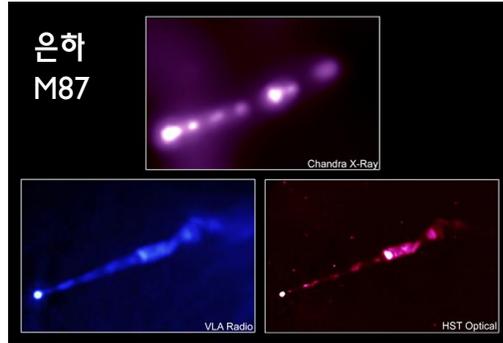
44

은하중심의 거대 블랙홀

1. 은하중심의 거대블랙홀 (10^6 - $10^9 M_{\text{sun}}$)
2.
3.

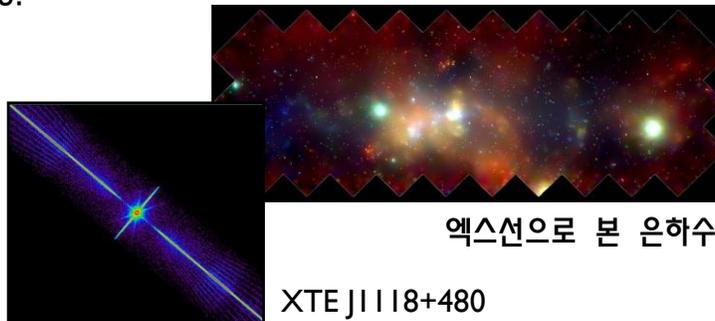


제트=10만 광년



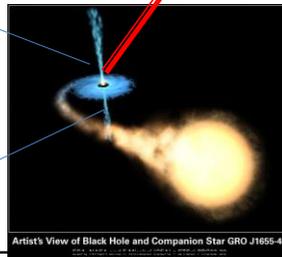
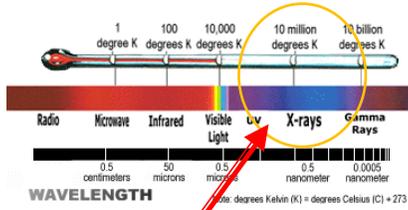
은하 내부 블랙홀 쌍성계

1. 은하중심의 거대블랙홀 (10^6 - $10^9 M_{\text{sun}}$)
2. 블랙홀 쌍성계 (우리 은하 내부)
3.



어떻게 블랙홀에서 엑스선을 방출하는가?

- 블랙홀로 빨려 들어가는 물질
- 회전원반 형성
- 원반 온도 천만° K에 도달
- 엑스선 방출 (흑체복사)



한국물리학회@2011.10.19

47



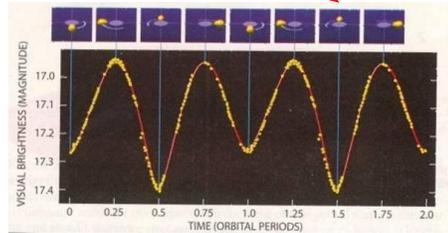
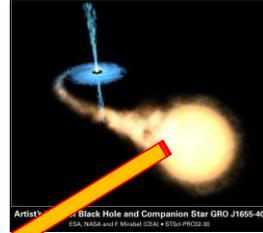
한국물리학회@2011.10.19



48

엑스선망원경 + 광학망원경

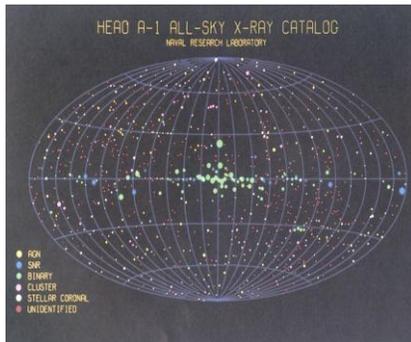
- 강력한 엑스선 별 발견
- 별의 질량과 크기 확인
- 중성자별(최대질량=태양2배)로 설명 불가
- 블랙홀의 존재 확인



Nova Sco 94

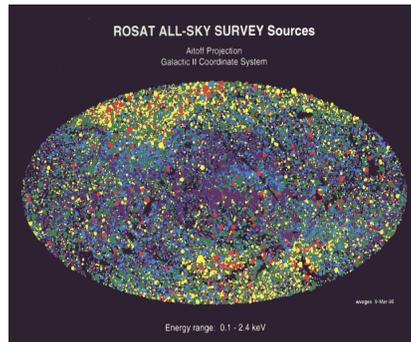
천체 엑스선 관측

1970년대



≈ 1,000

1990년대



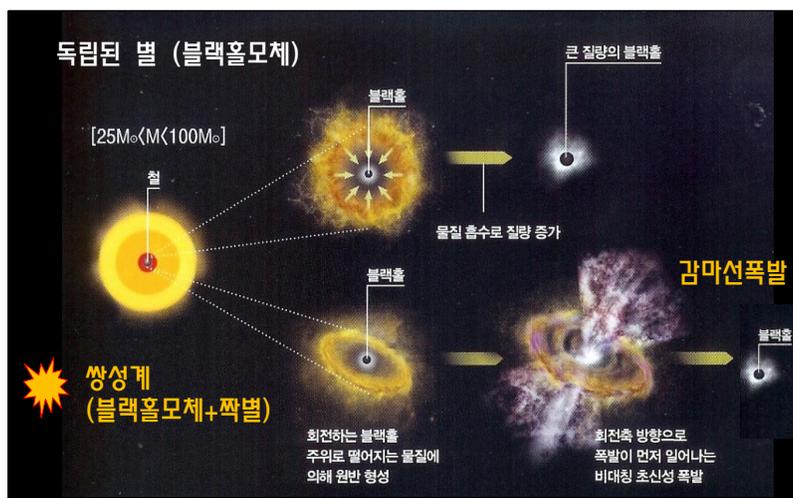
≈ 50,000

블랙홀 탄생의 순간

한국물리학회@2011.10.19

51

우주 감마선폭발의 원인으로서는 블랙홀



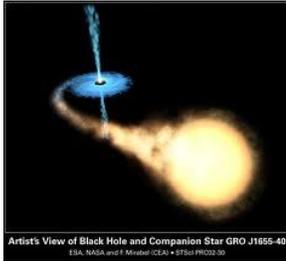
과학동아 2010.02

한국물리학회@2011.10.19

52

블랙홀 스피

초당 1000번 !



NASA

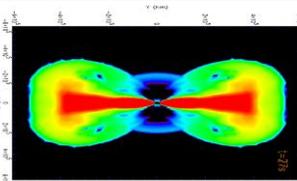
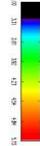


한국물리학회@2011.10.19

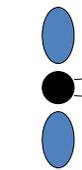
53

Long-감마선폭발 표준모델

Santa Cruz

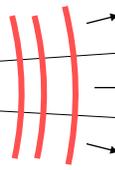


$B=10^{15}G$



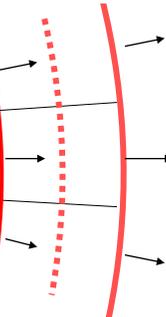
블랙홀+회전원반

충격파



감마선, 엑스선

충격파



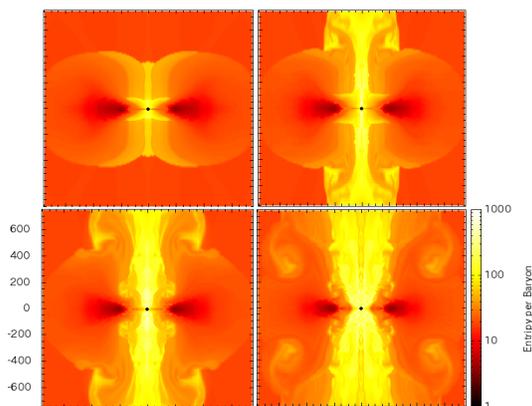
자외선, 가시광선, 적외선, 전파

한국물리학회@2011.10.19

54

블랙홀 탄생의 순간을 직접 볼 수는 없을까?

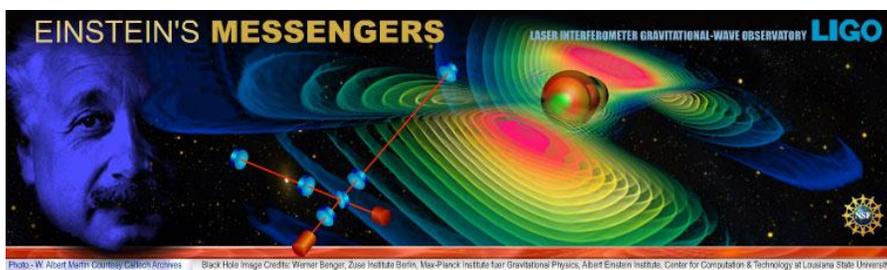
빛으로 볼 수 있는 세계는 한계가 있다.



Courtesy of Sekiguchi (YITP, Kyoto)

한국물리학회@2011.10.19

55



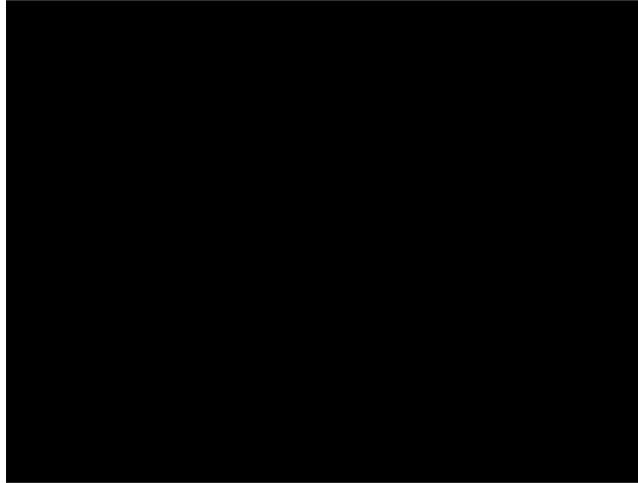
중력파

2015년
새로운 우주 관측 시대의 도래

한국물리학회@2011.10.19

56

중력파란 무엇인가?



copyright@Albert Einstein Institute

한국물리학회@2011.10.19

57

중력파의 존재 간접 확인

B1913+16 [1975]
중성자별 쌍성계

 The Nobel Prize in Physics 1993
Russell A. Hulse, Joseph H. Taylor Jr.

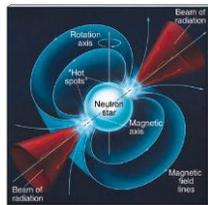
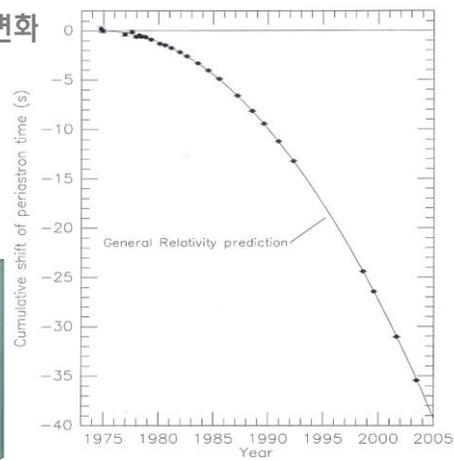


Russell A. Hulse



Joseph H. Taylor Jr.

공전주기변화

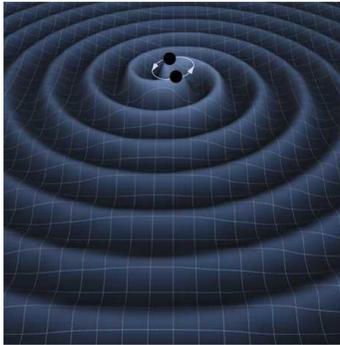


한국물리학회@2011.10.19

58

중력파 검출

중력파는 빛으로 볼 수 없는
블랙홀 탄생의 순간의 모습을 간직하고 있다.



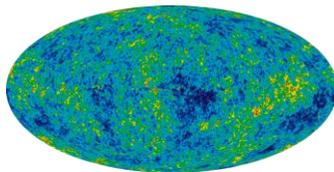
advanced LIGO@2015



한국물리학회@2011.10.19

59

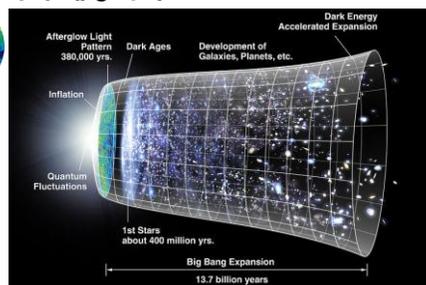
중력파는 빛으로 볼 수 없는 우주의 모습을 간직하고 있다.



우주배경복사



crab nebula (조신성잔해)

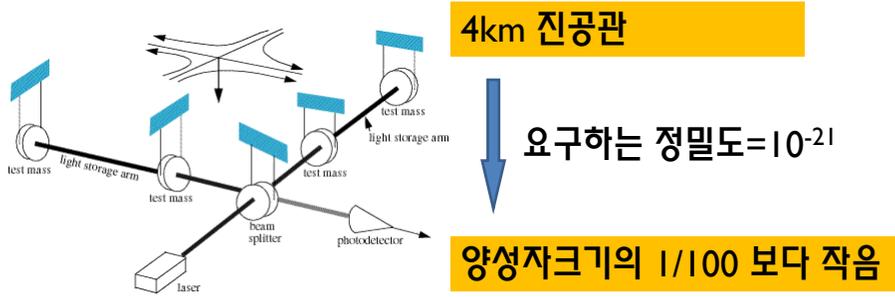


한국물리학회@2011.10.19

60

중력파 검출

Why Now?

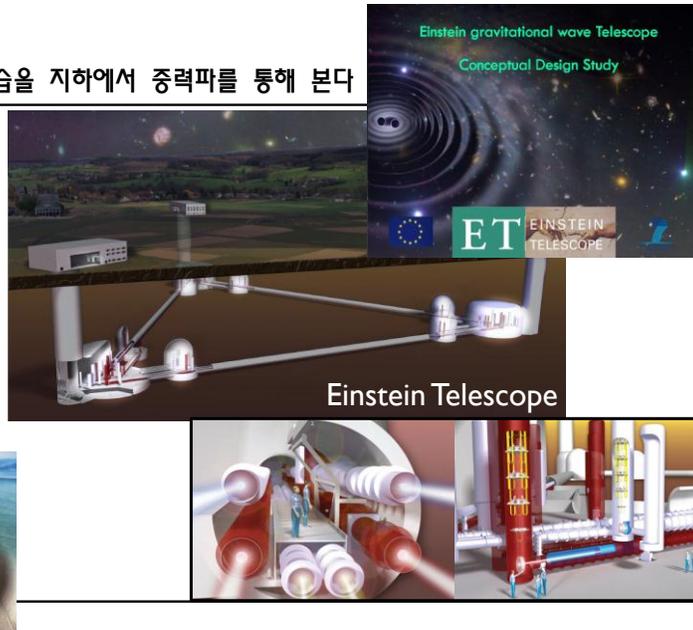


지금까지 인류가 시도한 가장 높은 정밀도

한국물리학회@2011.10.19

61

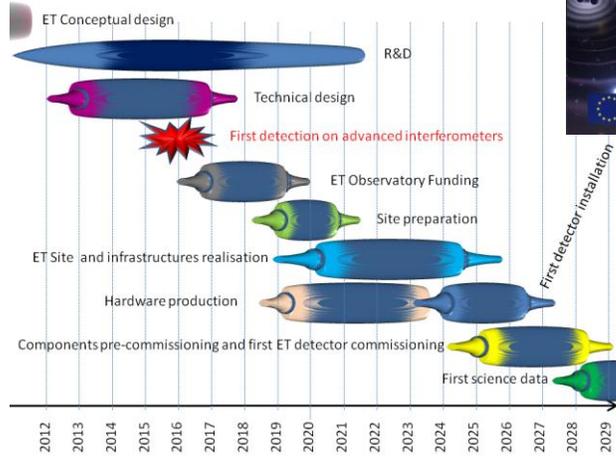
우주의 또 다른 모습을 지하에서 중력파를 통해 본다



한국물리학회@2011.10.19

62

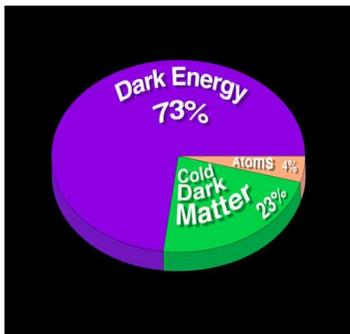
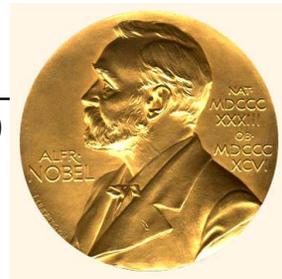
Einstein Telescope



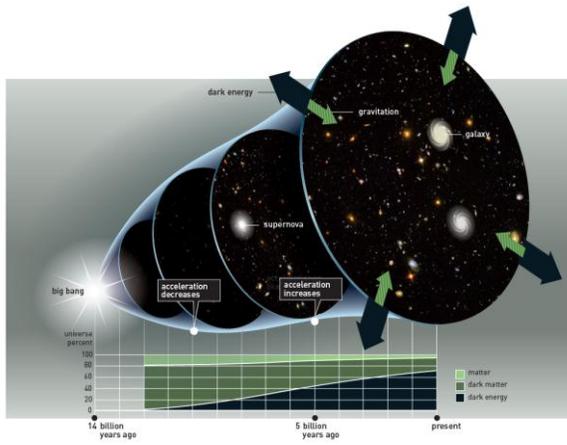
미래를 향한 기대

암흑에너지

가속팽창하는 우주 (2011 노벨 물리학상)



nobelprize.org



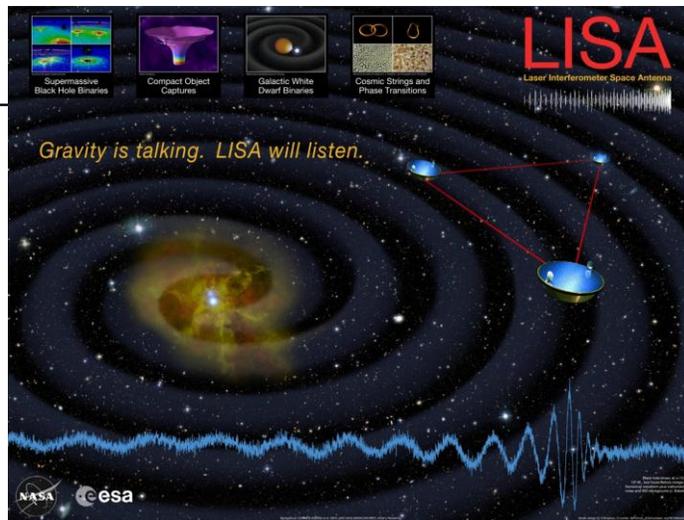
nobelprize.org

암흑에너지의 비밀을 중력파를 통해 풀 수 있을까?

한국물리학회@2011.10.19

65

LISA



우주의 또 다른 모습을 중력파를 통해 본다.

한국물리학회@2011.10.19

66

새로운 미니블랙홀 탄생의 순간 ?

경제 ▾ **유럽 강입자가속 충돌실험 성공**
과학 연합뉴스

기사 100자평 (17) 포토

입력 : 2010.03.30 21:03 / 수정 : 2010.03.30 21:20

유럽입자물리연구소(CERN)가 강입자가속기(LHC) 터널에 총 7 TeV(테라전자볼트)의 고에너지로 양성자 빔을 충돌시키는 실험에 30일 성공했다.

이번 충돌실험의 7 TeV 입자가속기들이 여태까지 연구소의 용리비 부크를

ALICE@LHC

한국물리학회@2011.10.19

69

미래를 꿈꾸며

**빠르게 회전하는 블랙홀 탄생의 순간:
현재 우주에서 관측되는 가장 밝은 폭발인
감마선폭발/극초신성폭발의 순간**



**중력파 검출을 통하여
블랙홀 탄생과 우주의 새로운 모습을
보기를 희망하며**

한국물리학회@2011.10.19

70