퀘이사와 분광천체물리학

Quasars and Astrophysical Spectroscopy

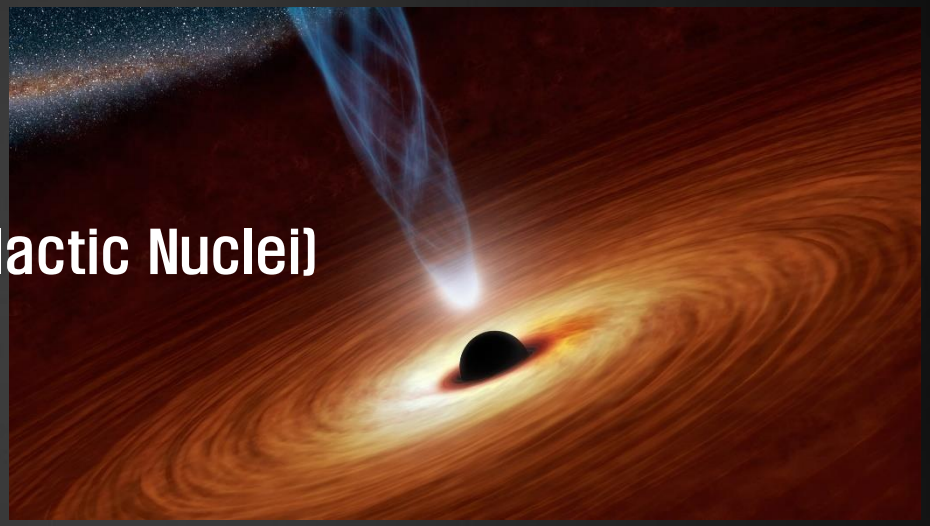
천문우주학과 분광연구실

장석준

2015 물리천문학과 학술제

목차

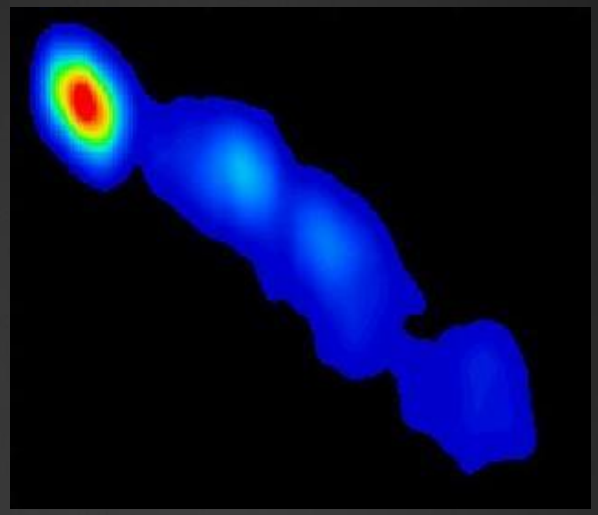
- 전파 천문학
- 퀘이사 (Quasar) 의 발견
- 활동성 은하 핵 (Active Galactic Nuclei)
- AGN 통합 모형
- 연구 결과
- 결론 및 요약



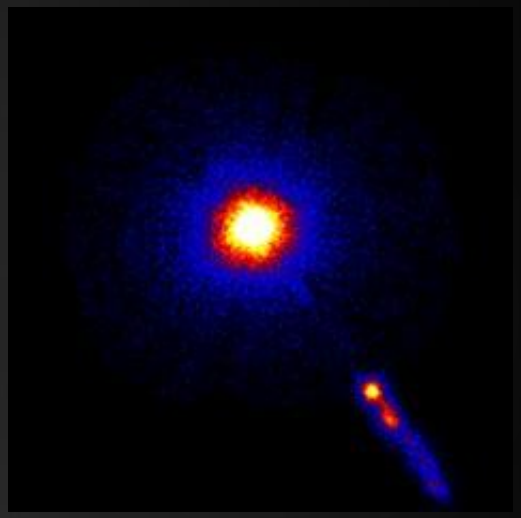
Quasar ?

3C273

가시광선



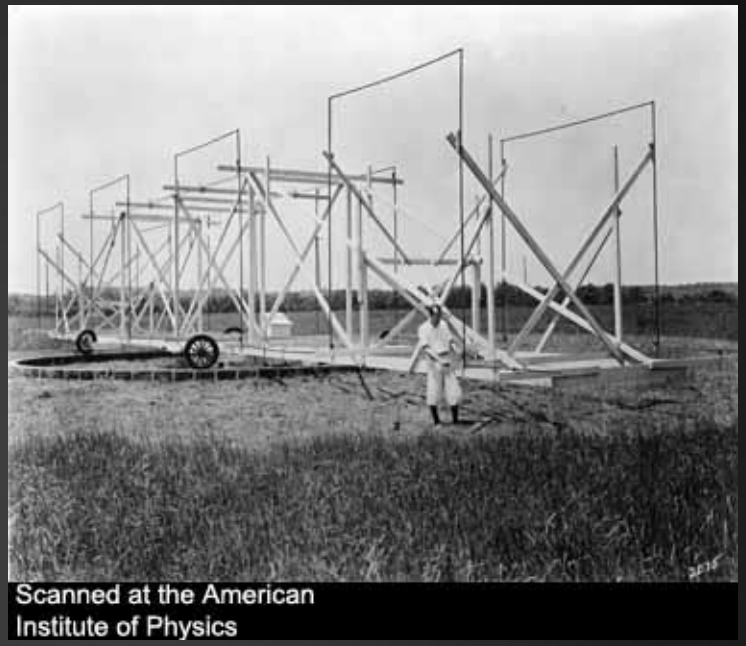
전파



X-Ray

Quasi-Stellar Radio Source
= 별 비슷한 전파 방출 원
= 전파를 내는 사이비(?) 별

전파 천문학의 탄생



Jansky와 그가 사용하였던 전파 안테나

- 미국의 전파공학자인 Jansky가
  1930년대에 은하수에서 오는 전파를 우연히 검출 성공
- Grote Reber가 태양에서 오는 전파를 포착에 성공
- 제2차 세계대전 이후 전파 천문학에 대한 관심 고조

케임브리지 전파원 목록

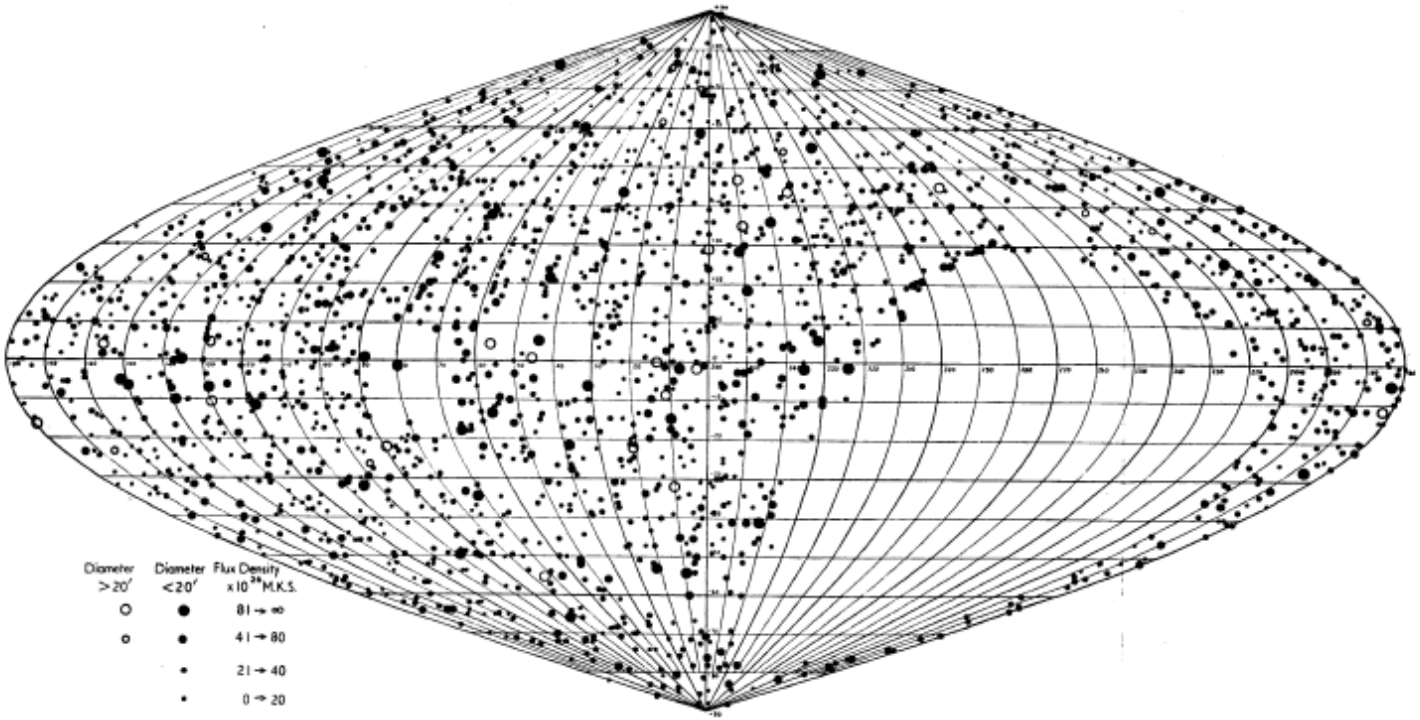
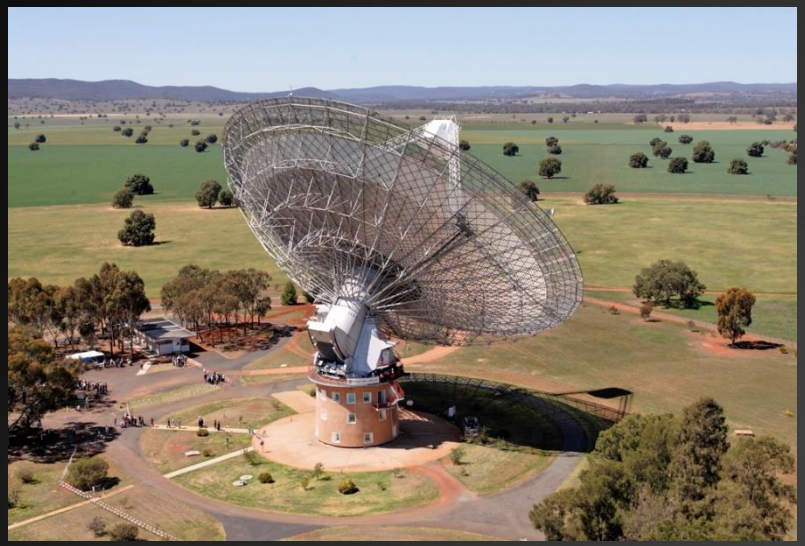


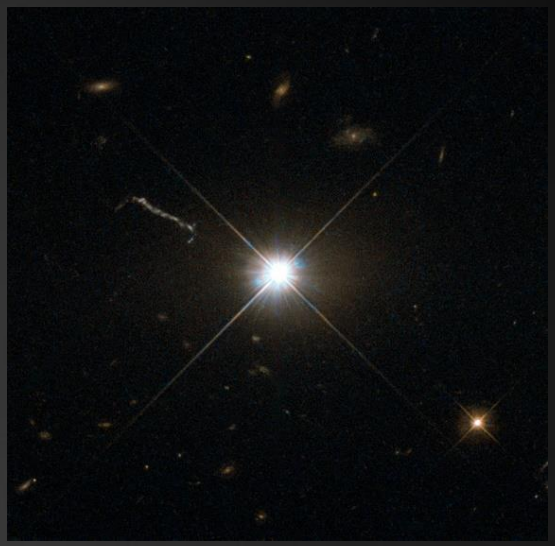
FIG. 3.—*Map showing the distribution of radio sources in galactic coordinates. The open circles represent the sources of large angular diameter, and in both cases the sizes indicate the flux density of the sources.*

3차 케임브리지 전파 방출 목록

최초의 퀘이사 3C 273



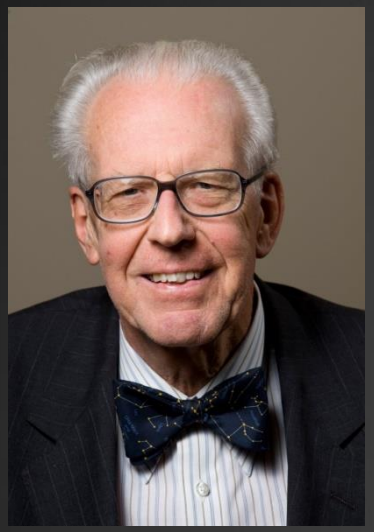
Parkes 전파 망원경



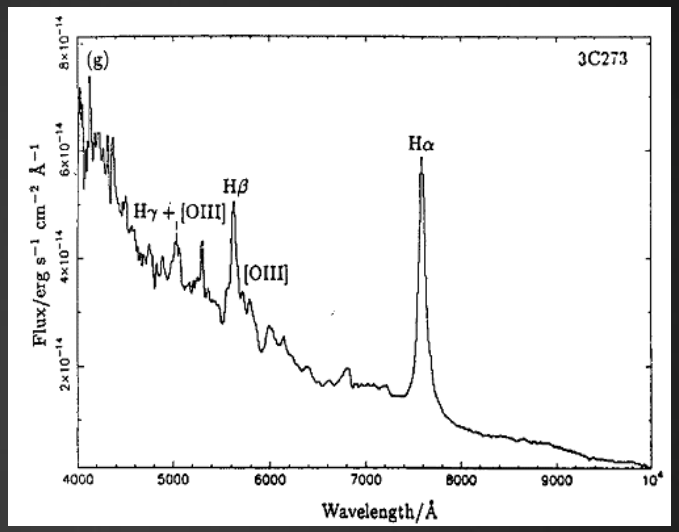
Quasar 3C273

- Cyril Hazard가 Parkes 전파 망원경을 이용하여 정밀 위치 파악
- 3C 273의 분광 관측 수행
- Schmidt가 3C 273의 스펙트럼 분석

Maarten Schmidt의 분석



Maarten Schmidt(1929 ~)



3C 273 스펙트럼

- 수소 방출선을 통해 적색이동이 z=0.158인 천체라는 사실을 규명
- 약 0.16c의 속도로 지구에서 후퇴 중인 천체
- 지구로부터 수십억 광년 떨어진 매우 멀리 있는 천체

퀘이사는 왜 별이 아닌가?

퀘이사는 왜 별이 아닌가?

너무 멀리 있다.

퀘이사는 왜 별이 아닌가?

너무 멀리 있다.

약 $700{,}000{,}000pc$

퀘이사는 왜 별이 아닌가?

너무 멀리 있다.

약 $700{,}000{,}000pc$

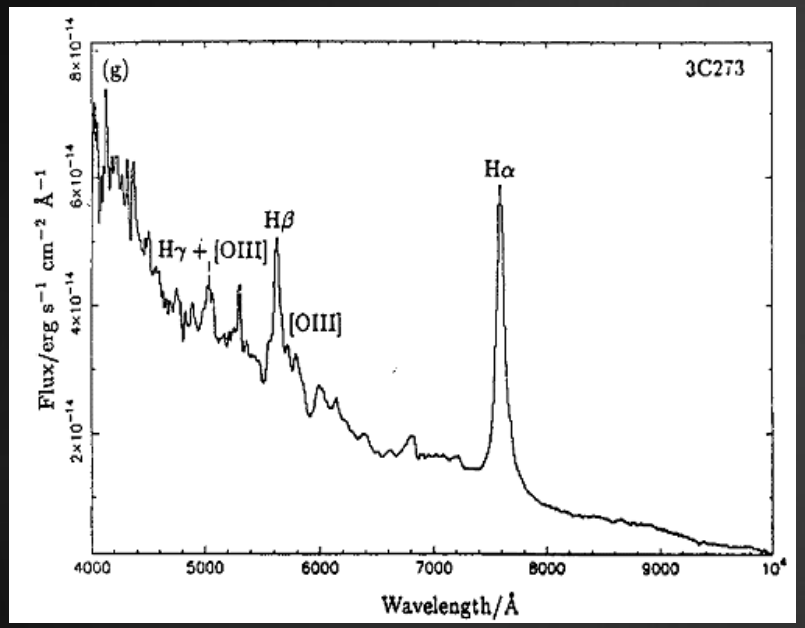
우리은하의 지름 = $30{,}000pc$

퀘이사는 왜 별이 아닌가?

1. 퀘이사는 너무 멀리 있어서 별이라면 가시광에서도 지금과 같은 밝기를 가질 수 없다.
2. 태양과 같이 별에서도 전파를 방출하지만 퀘이사와 같이 너무 멀리 있다면 검출이 안될 것이다.

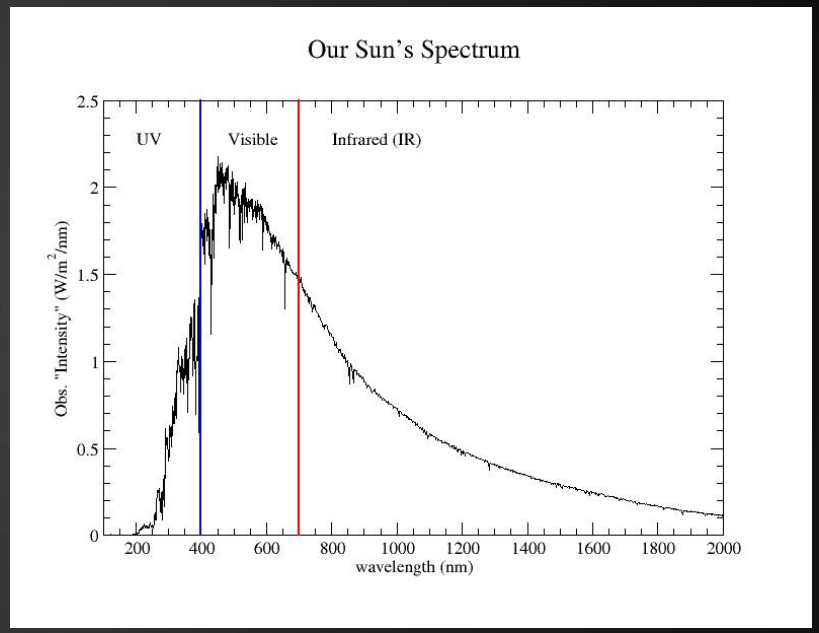
퀘이사는 왜 별이 아닌가?

3. 퀘이사는 별의 스펙트럼과 달리 비열적인 형태를 가진다.



3C 273 스펙트럼

비열적 복사 + 방출선



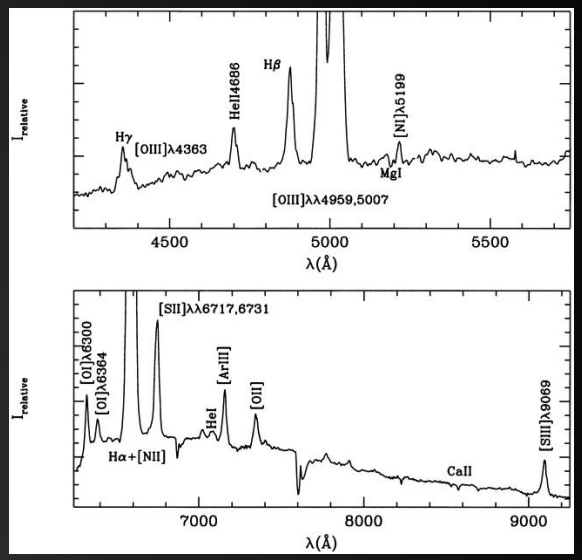
태양 스펙트럼

열적 복사 + 흡수선

Seyfert와 Seyfert 은하

NGC 1068

Carl Keenan Seyfert(1911 ~ 1960)

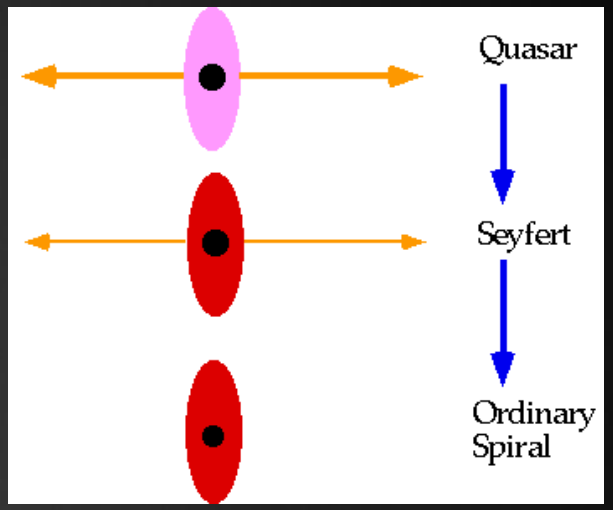


NGC 1068 스펙트럼

- 1940년대에 Seyfert가 유난히 중심부가 밝은 은하에 대해 연구를 진행함
- 중심부가 밝은 은하에서 높은 이온화 상태를 가진 방출선이 발견됨
- 방출선들의 폭이 500km/s ~ 5000km/s정도의 매우 큰 폭을 가짐

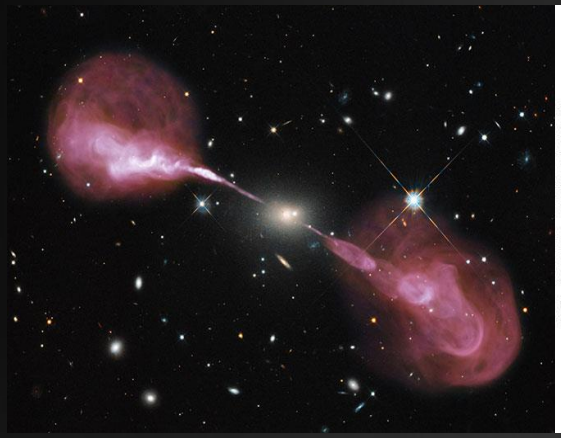
퀘이사의 정체

노출시간에 따른 Seyfert은하의 모습

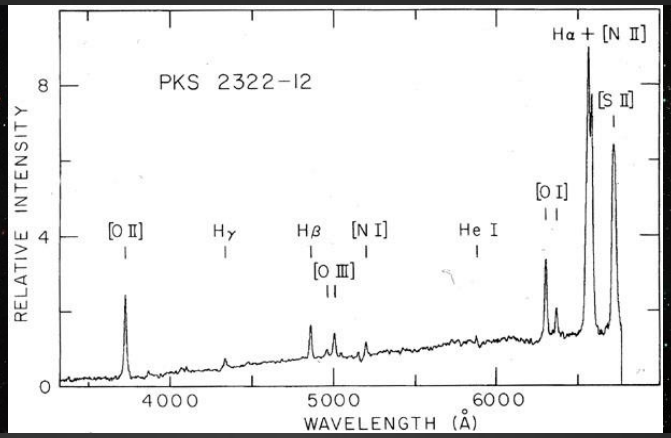


- 1960년대에 획득된 퀘이사의 스펙트럼과 Seyfert 은하핵의 스펙트럼에서 천문학자들은 큰 유사성을 간파하였다.
- 퀘이사는 굉장히 밝은 은하핵이다.

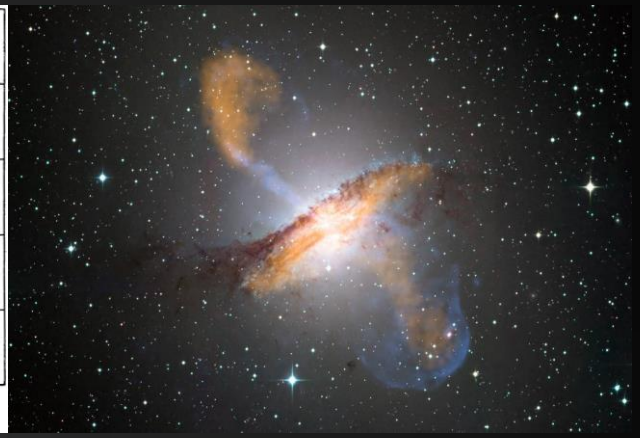
전파 은하



Cyg A



전파 은하 스펙트럼



Cen A

- 전파 은하의 중심핵 스펙트럼이 시퍼트 은하의 중심핵 스펙트럼과 거의 비슷하다.
- 전파 은하도 Seyfert은하와 같이 매우 밝은 은하핵을 가지고 있다.

활동성 은하핵
Active Galactic Nuclei (AGN)

1. 별과 다른 **비열적**인 연속복사를 가진다.

2. 높은 이온화 상태에서 나오는 **방출선**들이 존재한다.

3. 매우 **폭이 넓은 방출선**을 가진다.

활동성 은하핵의 에너지 원

Quasar 3C273

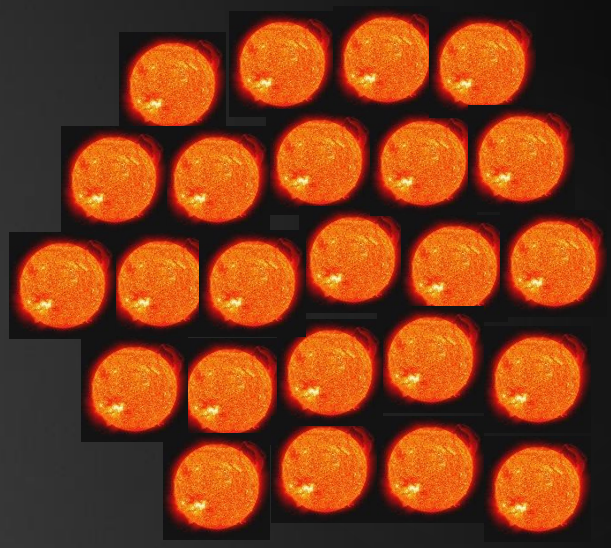
=

태양 몇 개가 필요할까?

활동성 은하핵의 에너지 원

Quasar 3C273

=

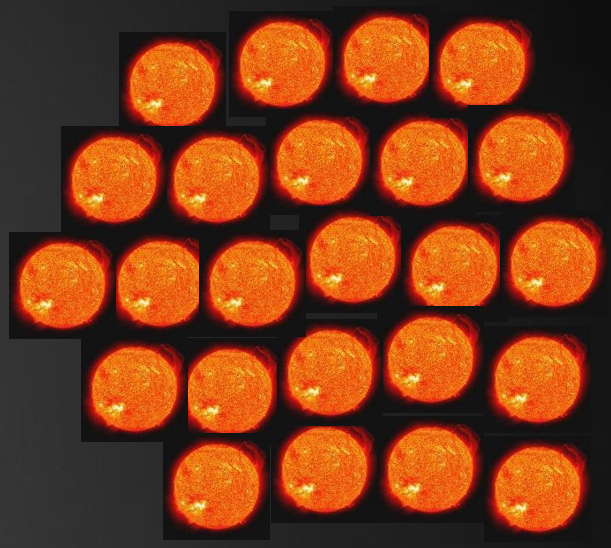


태양 1,000,000,000,000 개 = 10^{12}개

활동성 은하핵의 에너지 원

Quasar 3C273

=



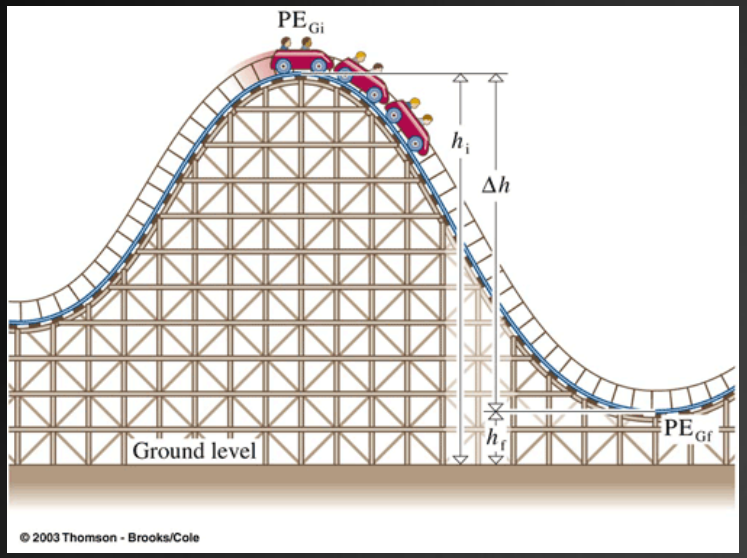
태양 1,000,000,000,000 개 = 10^{12}개

광압 > 중력

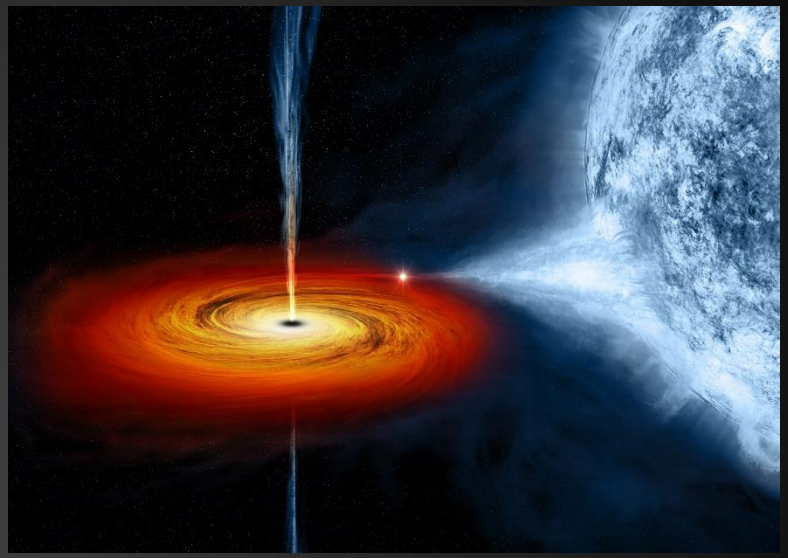
활동성 은하핵의 에너지 원

활동성 은하핵의 에너지 원

블랙홀은 어떻게 빛을 내는가?



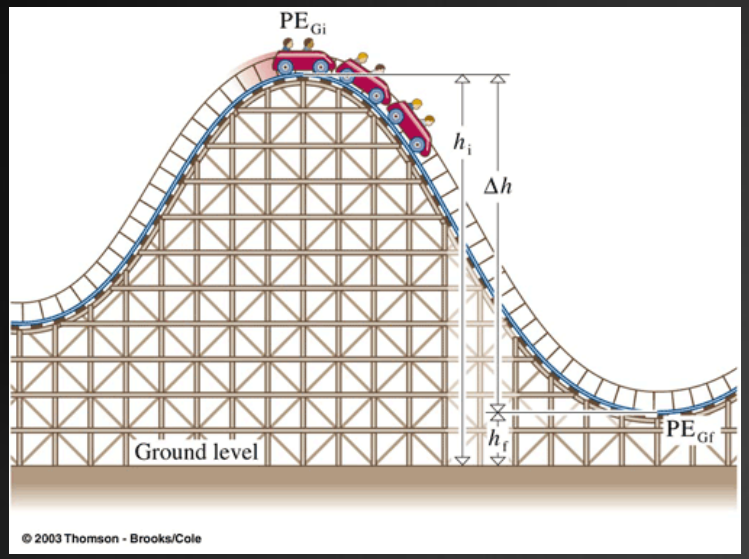
롤러코스터



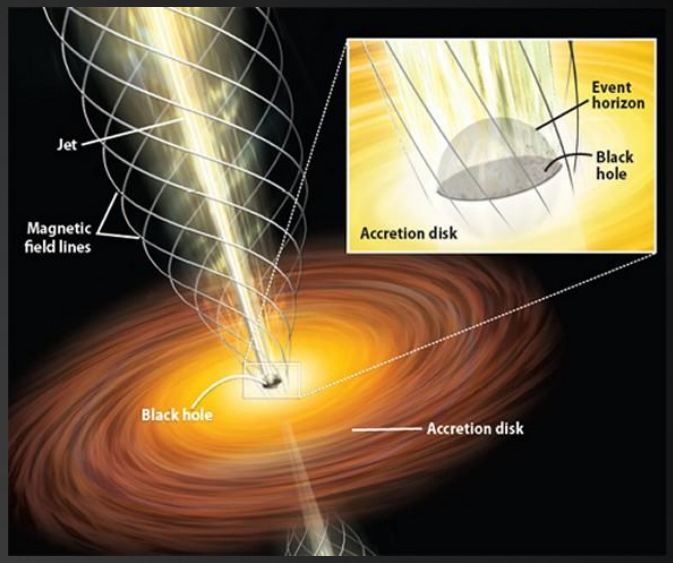
블랙홀 상상도

- 블랙홀은 모든 것을 빨아들이기만 할까?
- 사상의 지평선 외곽 지역에서 물질들의 운동은 맹렬하다.

블랙홀은 어떻게 빛을 내는가?



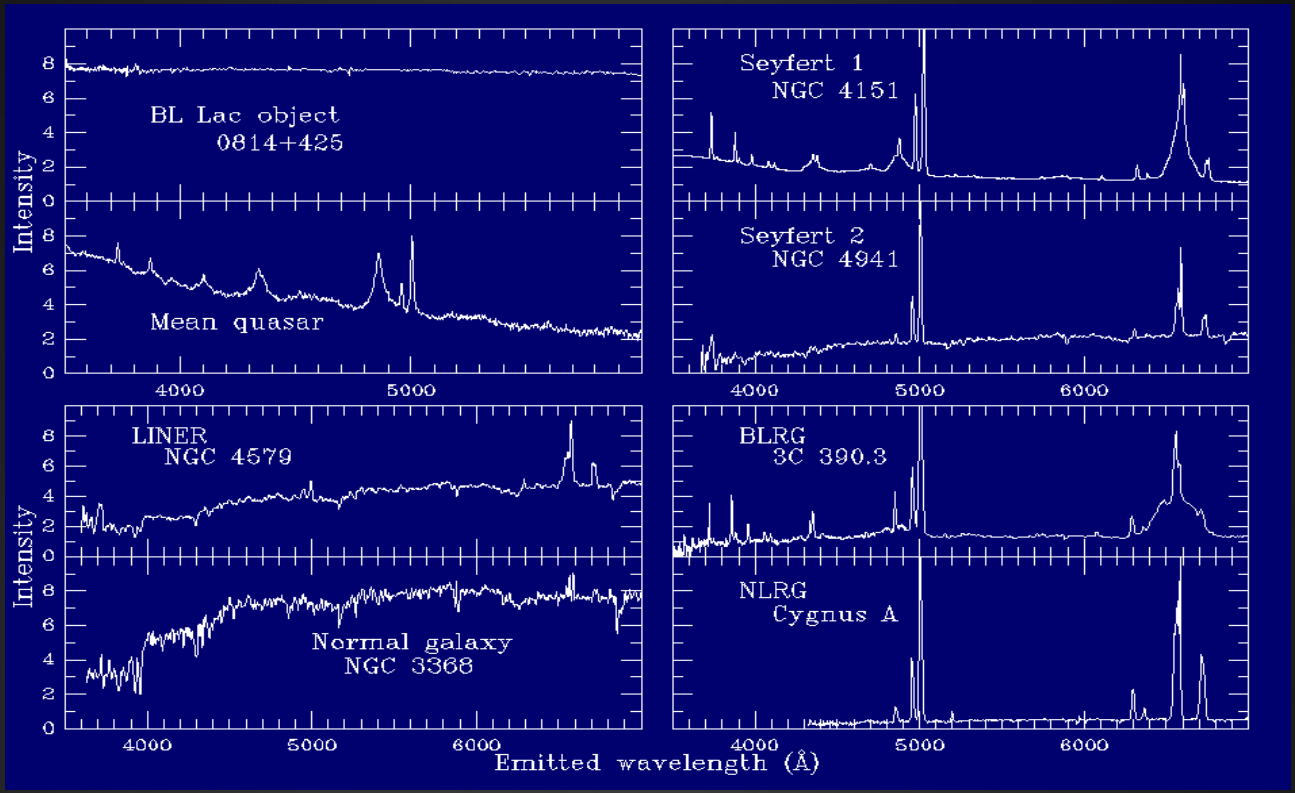
롤러코스터



블랙홀 상상도

- 블랙홀은 모든 것을 빨아들이기만 할까?
- 사상의 지평선 외곽 지역에서 물질들의 운동은 맹렬하다.
- 물질들 사이의 마찰에 의하여 엄청난 양의 빛을 방출할 수 있다.
- 자기장에 의하여 물질들의 운동은 더욱 복잡해 질 것이다.

AGN Type

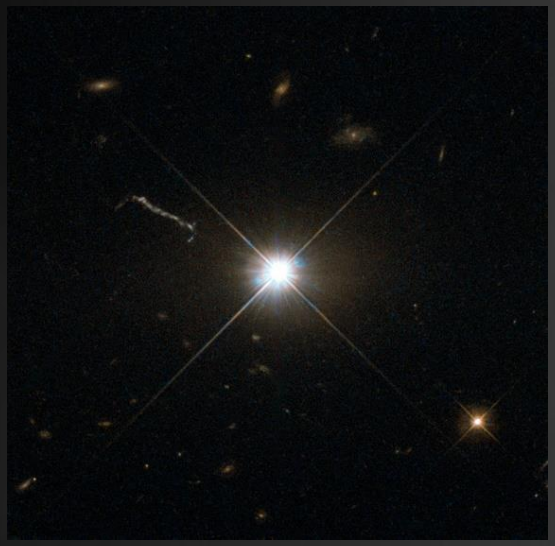


AGN들의 스펙트럼

- 5000km/s~ 정도의 큰 폭의 방출선을 가지는 AGN을 Type 1 AGN이라고 한다.
- 500km/s~ 정도의 비교적 좁은 폭의 방출선을 가지는 AGN은 Type 2 AGN이다.
- 비열적인 연속복사가 방출선보다 강조된 AGN을 Blazer라고 한다.

AGN 통합 모델

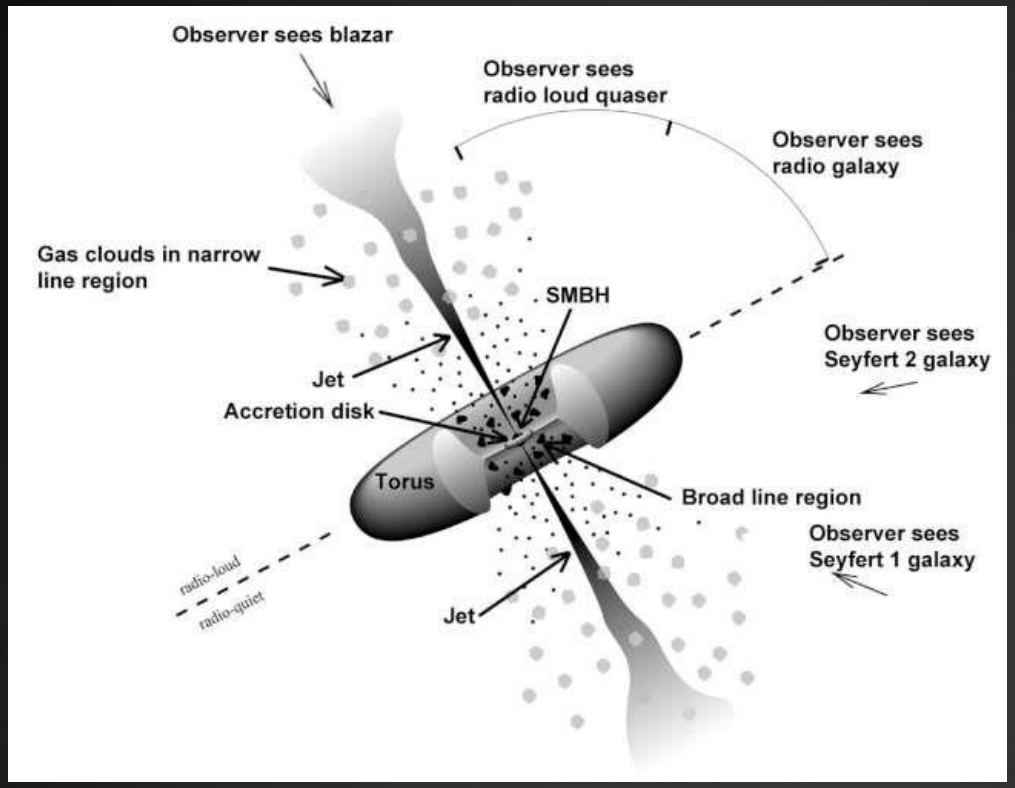
전파은하 Cen A

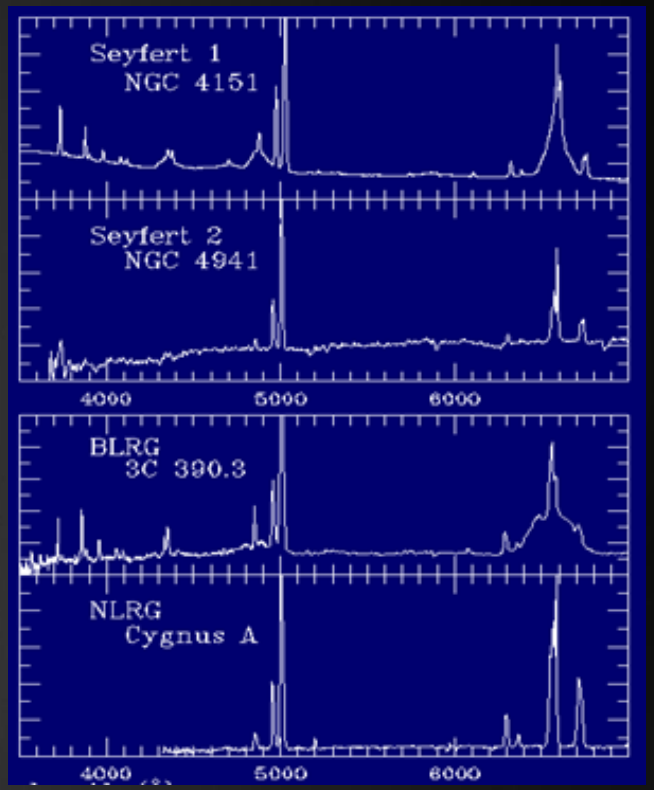


퀘이사 3C273

Seyfert 은하 NGC 1068

AGN 통합 모델



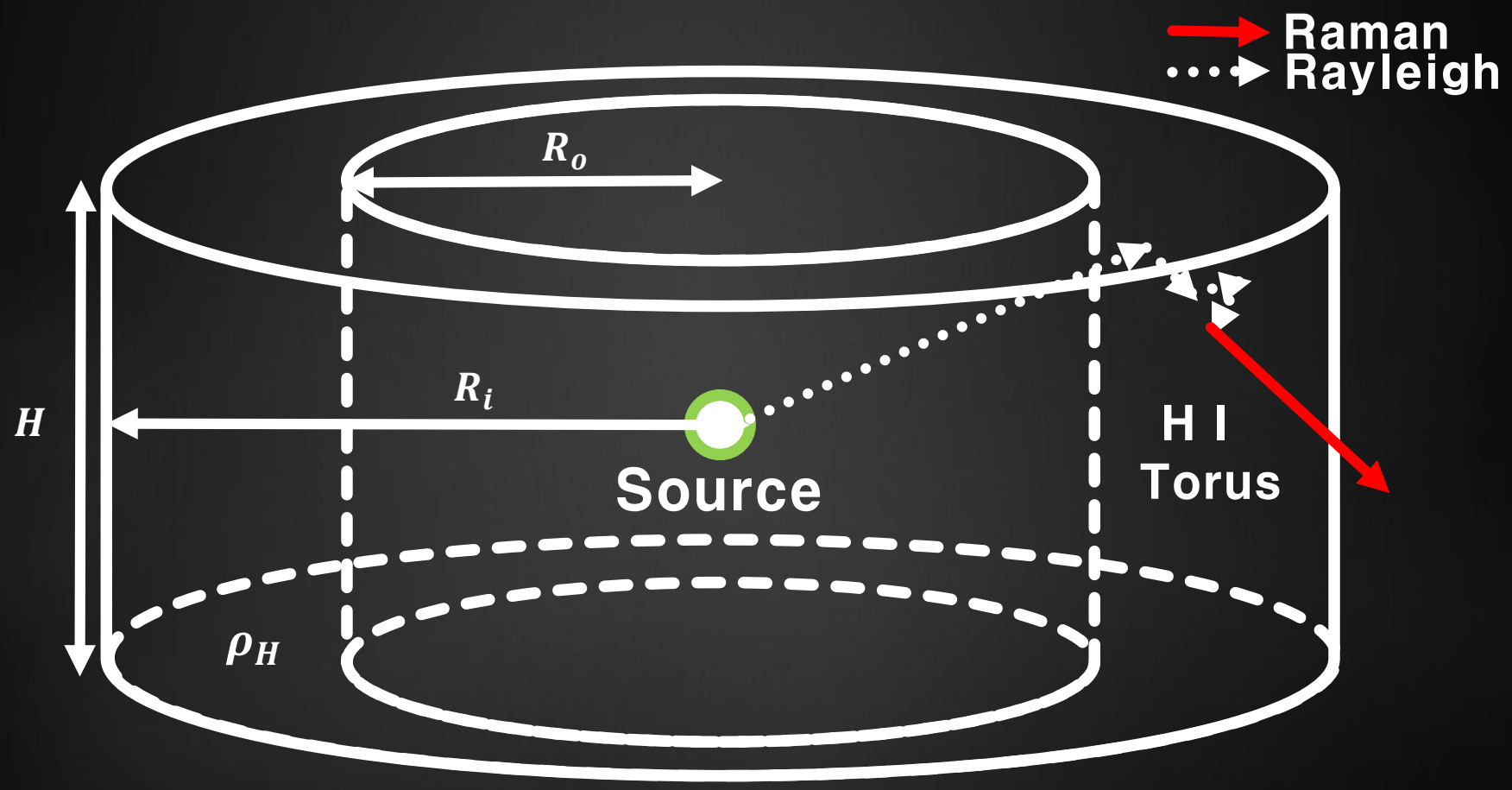


- 블랙홀 주변에 넓은 폭 방출선을 만드는 지역(BLR)이 존재한다
- 블랙홀과 BLR은 광학적으로 매우 두꺼운 중성수소 지역(H I Torus) 이 감싼다.
- H I Torus 밖에 얇은 폭 방출선을 만드는 지역(NLR)과 제트가 있다.

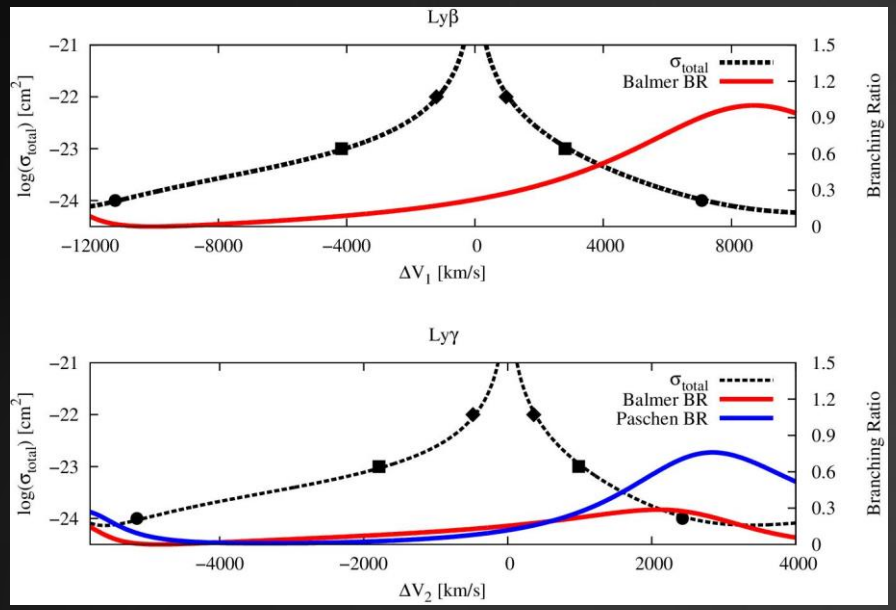
연구 결과

The Lab of Astrophysical Spectroscopy at Sejong Univ.

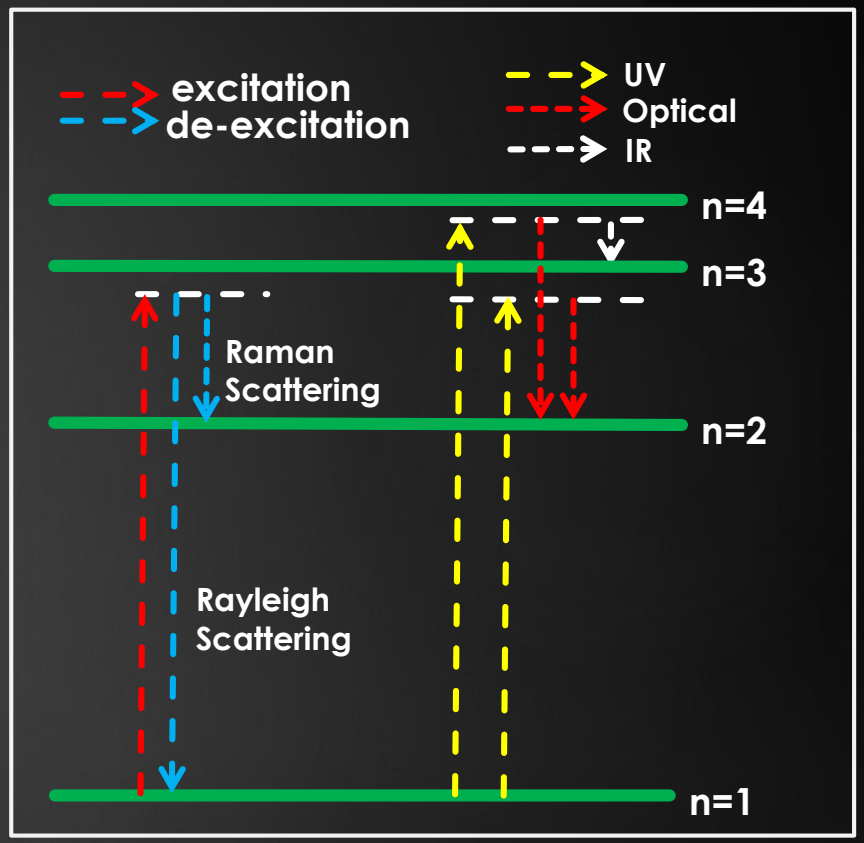
몬테 카를로 시뮬레이션 모형



라만 산란



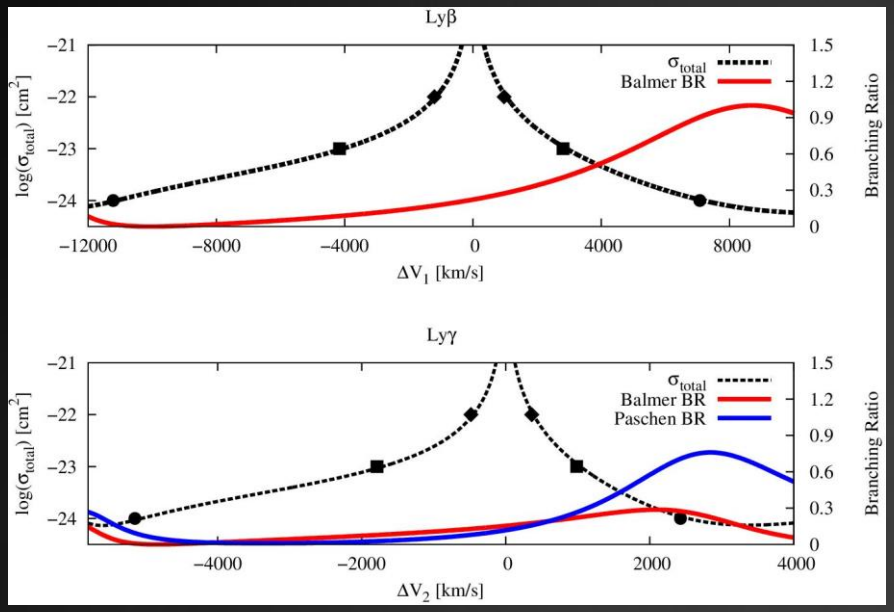
Cross Section and Branching Ratio

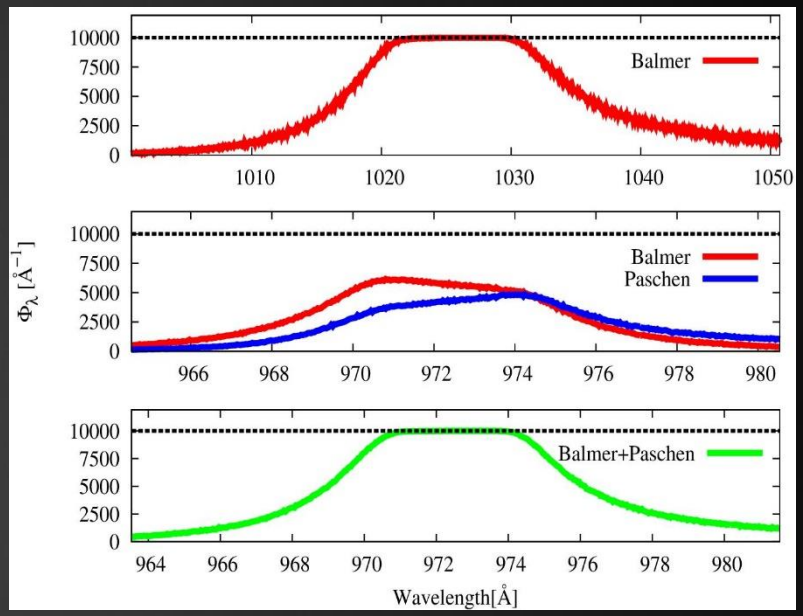


Hydrogen Atomic Level

Lyman계열 근처의 **자외선 광자**는 중성 수소지역에서 Cross Section과 Branching Ratio에 따라서 라만 산란되어 **가시광선 영역의 광자**로 나오게 된다.

라만 산란



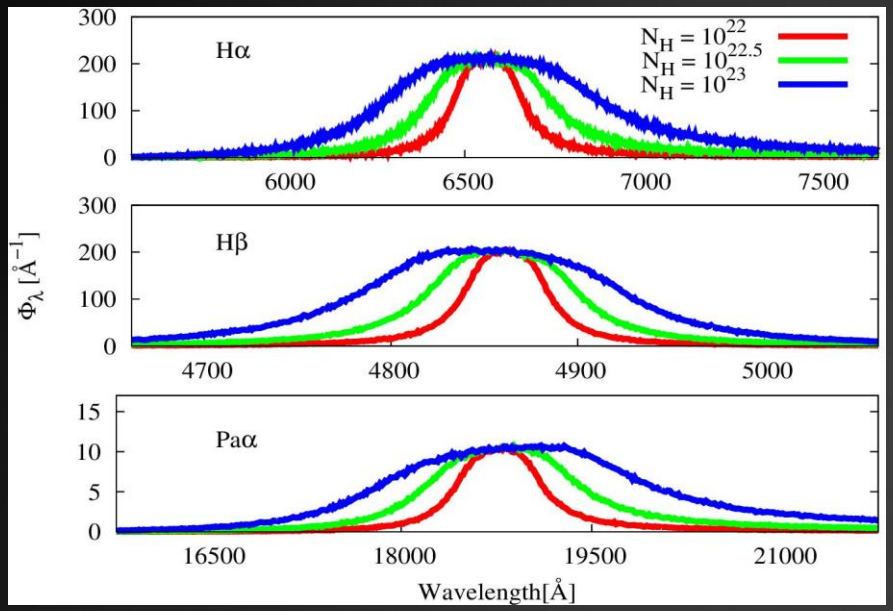


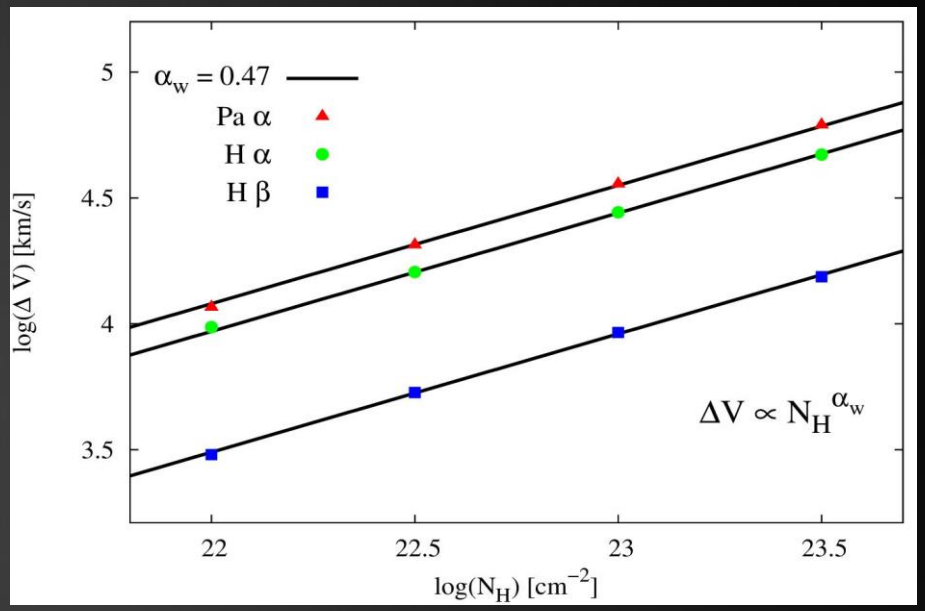
Cross Section and Branching Ratio

Raman Scattered Line

Lyman계열 근처의 **자외선 광자**는 중성 수소지역에서 Cross Section과 Branching Ratio에 따라서 라만 산란되어 **가시광선 영역의 광자**로 나오게 된다.

AGN 통합 모형에서의 라만 산란

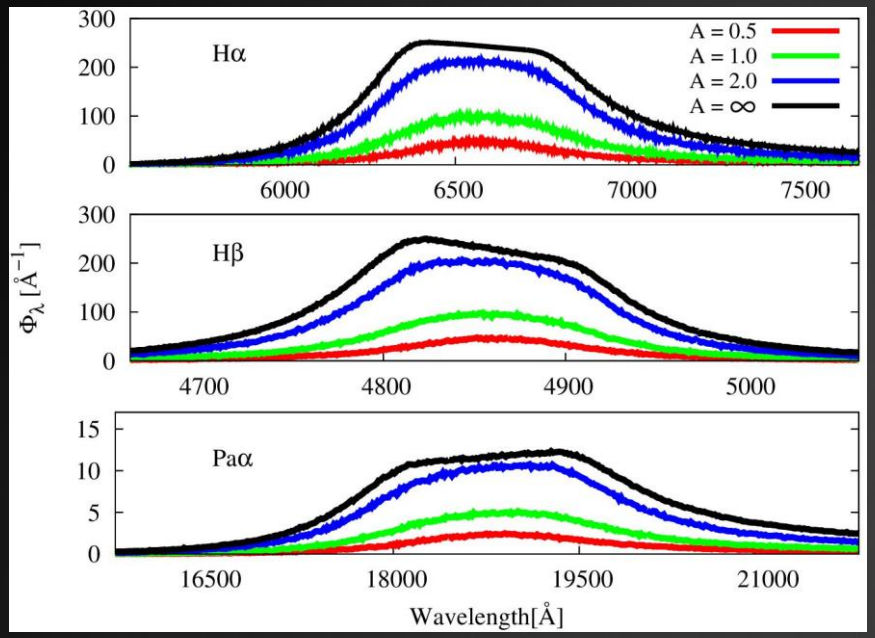


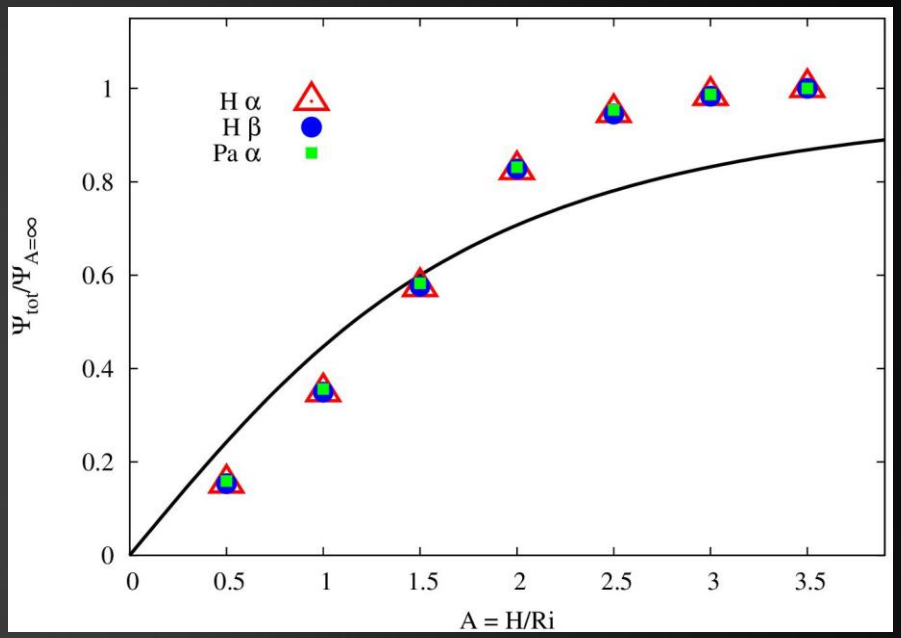


기둥밀도에 따른 효과

기둥밀도($N_{\mathrm{H}} = (R_o - R_i)\rho_H$) 는
라만 산란선의 **폭**을 증가하게 만든다.

AGN 통합 모형에서의 라만 산란





원통의 높이에 따른 효과

원통의 높이($H,\ A = H/R_0$) 는

산란지역의 크기를 키워 라만 산란선의 **세기**를 강하게 만든다.

Thank You