

# 우리 은하에 대한 학생들의 개념

분류: 고등학교 1학년, 지구과학

## 1. 우리 은하에 관한 개념 검사 문항의 예

- 1. 지진이란 무엇인가?
- 2. 지진과 화산은 같은가?
- 3. 지진 발생시 지표에서 일어나는 일은 무엇인가?

## 2. 우리 은하에 대한 오개념

| 과학적 개념  | 오개념   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• 우리 은하에서 별과 별 사이는 굉장히 넓은 공간이다. 이러한 공간은 진공이 아니라 성간 물질로 차있다.</li><li>• 우리 태양 근처 10광년정도의 공간을 보면 현재 태양은 국부 성간운(Local Interstellar Cloud)안에 있고, 향후 10,000년 후면 여기서 빠져 나올 것으로 생각된다. 태양 주변 1,500 광년을 살펴보면 태양은 아직도 국부 성간운 안에 있지만 나선팔을 따라 오렌지색을 띤 구형의 분자 성운이 줄지어 있고, 분자 성운에서 태어난 밝은 별들, 그리고 그 별들 주변의 HII 영역, 초신성 폭발의 잔재, 성간 물질이 아주 희박한 곳들이 검은 색으로 표시되어 있으며, 바로 국부성간운은 이러한 곳에 위치한다. 온도가 높고, 이온화된 수소 지역인 Gum 성운이 있다.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 은하수를 볼 때 가운데 검게 보이는 부분에는 별이 없다.</li><li>• 태양계는 은하의 중심에 있다.</li><li>• 책에 나온 은하의 사진은 우리 은하이다.</li></ul> |

### 3. 오개념 유형 및 원인

| 오개념 유형   | 원인 분석   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 은하수를 볼 때 가운데 검게 보이는 부분에는 별이 없다.</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 은하수 가운데를 보면 검게 보이는 부분이 있다. 하지만, 이렇게 검게 나타나는 부분에는 실제로 별이 없는 것이 아니라 우주 공간에 있는 물질들에 의해 별빛이 차단되어 어둡게 보이는 것이다. 그러나, 학생들은 실제로 은하수를 볼 때 <b>→</b> 은 은하수의 사진을 볼 때 이 검은 부분에는 별이 없다고 생각한다.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 태양계는 은하의 중심에 있다.</li> <li>• 책에 나온 은하의 사진은 우리 은하이다.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지구(또는 태양계) 중심의 사고를 한다.</li> <li>• 여러 책에 별도의 설명 없이 우리 은하의 모습인 양 우리 은하와 유사한 모습의 외부 은하의 사진이 나와 있다.</li> </ul>   |

### 4. 논의

#### 1) 과학적 개념 설명

##### (1) 성간 매질

우리 은하에서 별과 별 사이는 굉장히 넓은 공간이다. 이러한 공간은 진공이 아니라 성간 물질로 차있다. 우주의 주 성분이 75%가 수소이고, 25%정도가 헬륨이며, 그리고 1%도 안 되게 다른 원소로 이루어져 있기에 성간 물질의 대부분도 이와 비슷하다. 따라서 대부분이 수소라 해도 과언이 아니다. 성간 물질의 온도에 따라 수소는 원자상태, 이온화 상태, 분자 상태를 갖는다. 우주의 온도가 현재 3°K 정도이기에 성간 공간에 별과 같은 가열원이 없다면 성간 물질의 온도는 이와 같을 것이다. 별이 아직 태어나지 않은 암흑 성운은 거의 이 온도와 비슷할 것이다. 암흑성운의 안에 별들이 생성되면서 성운 내부를 가열한다고 해도 그 온도가 ~10°K 정도이다. 따라서 수소는 거의 분자 상태에 있다. 그러나 암흑성운 밖으로 가면, 별 빛과 같은 가열원에서 에너지를 받기에 온도는 더 상승하여 거의 100~1,000 °K에 이른다. 이러한 상태에서는 수소가 워나 상태에 있다. 또한 별의 자외선 때문에 생기는 HII지역이나 혹은 초신성과 같은 고온의 내부에선 수소가 이온화된 상태로 있다. 이때의 온도는 10,000~1,000,000 °K에 이른다. 그런데 이러한 여러 상태의 성간 물질은 서로에게 동력한 적으로 혹은 열적으로 영향을 주기는 하지만 거의 압력 평형을 이루고 있다.

우리 태양 근처 10광년정도의 공간을 보면 그림 1의 모습인데 현재 태양은 국부성간운 (Local Interstellar Cloud)안에 있고, 향후 10,000년 후면 여기서 빠져 나올 것으로 생각된다. 이 그림을 보면 태양 주변의 성간 물질이 조각나 있는 것을 볼 수 있다. 이제 그림 2와 같이 태양 주변 1,500 광년을 살펴보면 태양은 아직도 국부성간운 안에 있지만 나선팔을

따라 오렌지색을 띤 구형의 분자 성운이 줄지어 있고, 분자성운에서 태어난 밝은 별들, 그리고 그 별들 주변의 HII 영역, 초신성 폭발의 잔재, 성간 물질이 아주 희박한 곳들이 검은 색으로 표시되어 있으며, 바로 국부성간운은 이러한 곳에 위치한다. 온도가 높고, 이온화된 수소 지역인 Gum 성운이 있다.

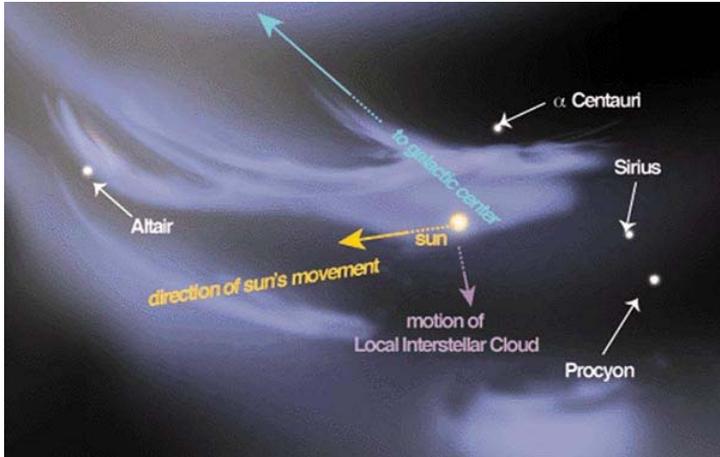


그림 1 태양 주위 10광년 정도 성간 물질  
<http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/ap020210.html>

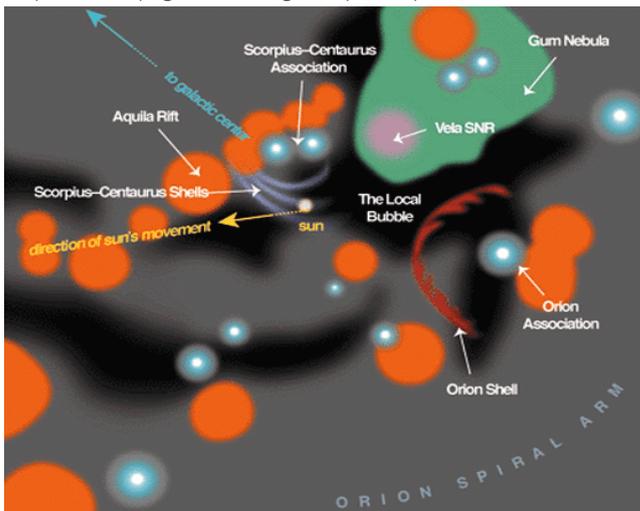


그림 2 태양 주위 1,500광년 정도 성간 물질  
<http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/ap020217.html>

일반적으로 성간 매질은 은하의 중심면에 가장 많이 모여 있고, 가장자리로 갈수록 희박해진다. 따라서 별의 형성도 은하면에서 이루어진다. 우리 은하도 암흑의 띠가 은하수 중심면을 따라 분포하고 있는 것으로 보아 이곳에 분자성운들이 분포하고 있을 것이다(그림 3). 우리은하를 적외선으로 관측하면 이러한 암흑성운 내의 먼지가 발하는 원적외선을 관측할 수 있다(그림 4). 암흑의 띠를 따라 원적외선의 세기가 강한 것으로 보아 이 곳에 먼지가 많고, 따라서 밀도가 높은 분자성운도 많다.

그렇다면 원자 상태의 수소는 어떤가? 그림 5가 HI 21cm로 관측한 원자 상태의 수소 분포다. 이 상태의 성간 물질도 은하 중심면을 따라 모여 있다. 은하면에 수직으로 뻗어 올라가는 굴뚝같은 구조들이 보이는데 이 들은 강한 바람이나 초신성 폭발의 잔재에 의하여 만들

어 진 것으로 알려 지고 있다.

이제 성간 물질 안으로 들어가 보자. 그림 6은 CO로 우리 은하의 한 방향을 관측한 것으로 분자성운의 구조를 보여 준다. 분자성운에서는 별들이 생성되고, 분자 성운 사이는 비어있는 것이 관측되었다. 이는 성간 물질의 구조가 마치 해면 조직과 같이 성글은 조직을 갖고 있다. 이러한 조직은 앞서 언급하였듯이 강한 항성풍이나 초신성잔재가 그 이유이다.



그림 3 우리 은하의 암흑의 띠

<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap051004.html>



그림 4 파장이 긴 원적외선으로 촬영한 우리 은하

<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap000517.html>

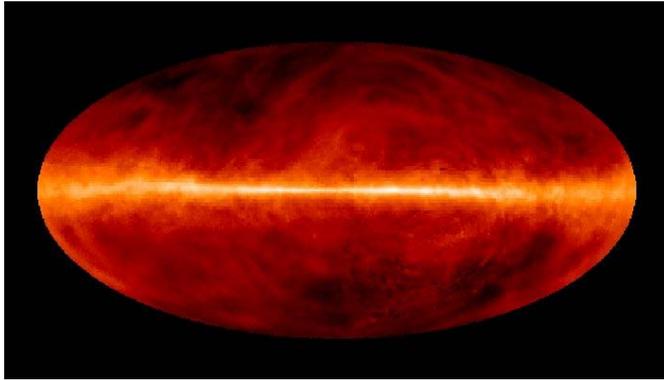


그림 5 HI 21cm 로 관측 우리 은하  
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap010113.html>



그림 6 CO로 관측한 성간 물질의 구조  
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap010115.html>

성간 물질로는 수소와 같은 기체만 있는 것이 아니라 먼지도 존재한다. 그림 4의 원적외선관측이 이에 대한 증거이다. 성간먼지는 적색 거성 단계로 진화된 별의 대기에서 주로 만들어 지고 있다고 한다. 이러한 먼지는 성간 기체보다 밀도비로  $\frac{1}{100}$  정도라고 한다. 따라서 먼지의 개수는 기체의 개수보다 훨씬 적다. 그렇지만 이 먼지들은 우리에게 성간물질에 대한 중요한 정보를 알려주고 있다. 그 하나는 별빛이 파장에 따라 흡수되어 **성간 소광**이 발생하고, 별 빛을 파장에 따라 산란하여 붉은 빛의 별 빛이 관측자에게 관측되게 한다. 이를 **성간 적색화**라 부른다. 파장에 따른 전자기파의 산란 정도로 먼지의 크기가 거의 수  $\mu\text{m}$ 정도가 됨을 알았다. 또한 먼지가 흑연과 같은 탄소 핵에 얼

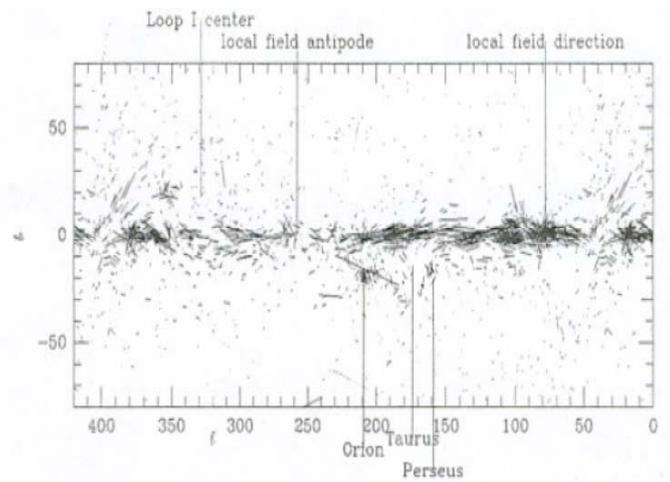


그림 7 별 빛의 편광 방향. 선들은 자기장의 방향과 평행하다.  
[http://astro.berkeley.edu/ay216/06/NOTES/ay216\\_2006\\_09\\_CRB.pdf](http://astro.berkeley.edu/ay216/06/NOTES/ay216_2006_09_CRB.pdf)

다. 이를 **성간 적색화**라 부른다. 파장에 따른 전자기파의 산란 정도로 먼지의 크기가 거의 수  $\mu\text{m}$ 정도가 됨을 알았다. 또한 먼지가 흑연과 같은 탄소 핵에 얼

음으로 맨틀을 이루고 있는 구조가 일반적인 것도 알게 되었다. 성간 먼지들은 별 빛을 편광시키는데 성간 자기장을 따라 잘 정연되어 있어서 이를 관측하면, 우리은하의 성간 자기장의 방향을 알 수 있다. 그림 7에 의하면 자기장의 방향이 은하면과 잘 일치한다.

성간 자기장은 싱크로트론 전파 복사(Synchrotron emission) 혹은 패러데이 회전(Faraday rotation)을 관측하여도 알 수 있는데, 우리은하에 떠도는 속도가 큰 자유전자는 성간 자기장을 따라 가로질러 돌면서 싱크로트론 복사를 낸다. 또한 매우 먼 은하에서 오는 전자기파의 편광이 우리 은하의 성간 매질을 지나면서 회전하는데 이 회전각이 파장에 따라 다르다. 이를 이용하여 그림 8과 같이 성간의 자기장의 방향이 나선팔을 따르고 있는데 나선팔 사이에서는 그 방향이 반대인 것을 알게 되었다. 우리 은하에서 성간 자기장의 세기는 3~6  $\mu\text{G}$  정도이다.

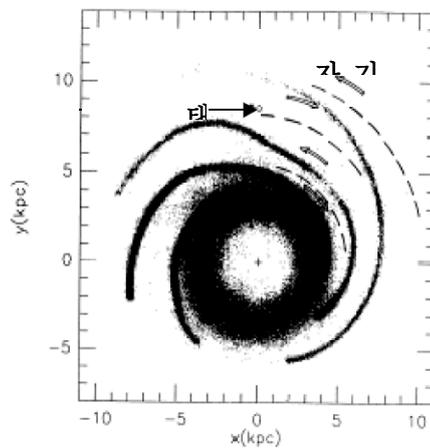


그림 8 우리은하에서 자기장은 나선팔을 따라 평행하다. 그러나 방향은 나선팔 사이에서는 반대이다(Heiles ASP 80 497 1995)

## (2) 우리은하의 나선팔

나선팔을 가진 외부 나선은하를 보면 우리 은하도 이와 비슷한 나선 은하를 가졌을 것으로 생각된다. 그림 14를 보면 나선팔을 따라 암흑이 띠가 보인다. 그리고 그 띠 앞으로 붉은 색으로 보이는 발광성운인 HII영역이 있다. 이 HII영역은 새로 태어 난지 얼마 되지 않는 젊은 천체이다. 그러므로 우리은하의 나선팔도 이러한 젊은 천체들을 찾아 그 자취를 그려 보면 알 수 있다. 또한 암흑의 띠가 별이 생성되는 암흑성운으로 이루어져 있으므로 이 곳에는 성간 분자들이 많다. 이러한 성간 분자들의 자취를 따라가도 우리은하의 나선팔의 분포를 알아 낼 수 있다. 우리은하에서 수소분자 다음으로 많은 분자가 CO분자이다. 이 분자에 의한 은경-시선속도 분포도는 그림 15와 같다. 그림 15의 여러 팔의 분포를 그림 16에 표시하였다. 현재까지 얻어진 그림 17의 나선팔의 위치와 그림 20을 비교해 보자.



그림 14 M51 나선은하

<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap060219.html>

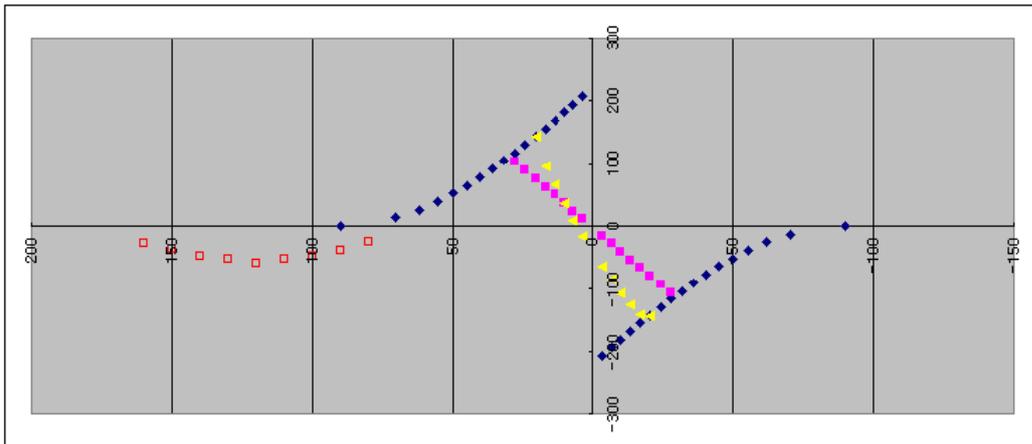
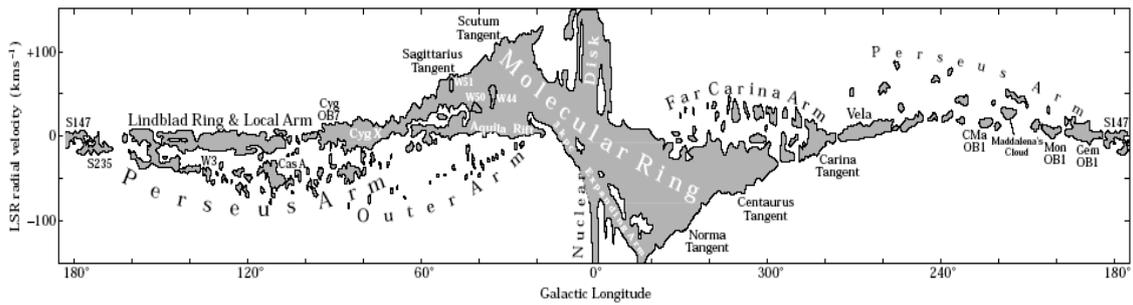


그림 15 우리은하의 CO 분자선 속도분포, 분포에 나타나는 여러 특징들은 그림13의 속도분포를 이용하여 얻었다. <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/mmw/index.html>.

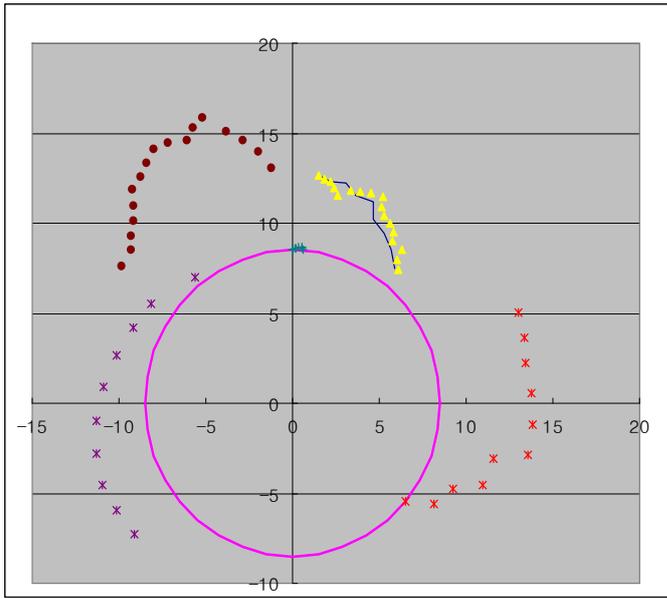


그림 16 태양계가 있는 은하 밖의 나선팔. 그림 15을 이용하여 얻었다.

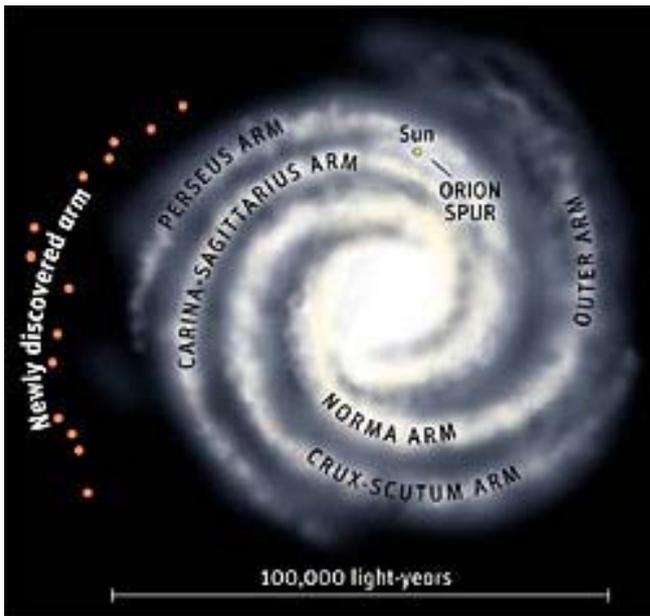


그림 17 우리은하의 나선팔

<http://skytonight.com/news/3309076.html?imw=Y>

나선팔이 어떻게 생기는가에 대한 설명은 현재까지는 밀도파 이론으로 설명한다. 은하 내의 별들의 궤도가 그림 18의 왼편 그림과 같이 원 궤도이면 은하의 원반은 CD 디스크같이 판판할 것이다. 그러나 별의 궤도가 오른편 그림과 같이 은하 중심에 대한 거리가 두 번 멀어졌다 가까워졌다 하면서 먼 쪽이 바깥으로 갈수록 반시계방향으로 틀려 있으면 별들이 그 부분으로 모이게 되어 중력 포텐셜이 낮아지게 된다. 따라서 이 곳으로 성간 물질이 모이게 되어 암흑의 띠를 이루고, 이 곳에서 별이 형성되어 HII 영역이 많아지게 된다(그림 19, 20, 21 참조). 나선팔로부터 먼 지역에는 상대적으로 나이가 든 별들이 많아 은하의 색이 노란

빛을 띠고, 나선팔은 젊은 별들이 많아 푸른빛을 띠게 된다. 별의 궤도의 형태에 따라 나선 팔이 둘, 셋, 넷 등 다양한 형태를 띌 수 있다.

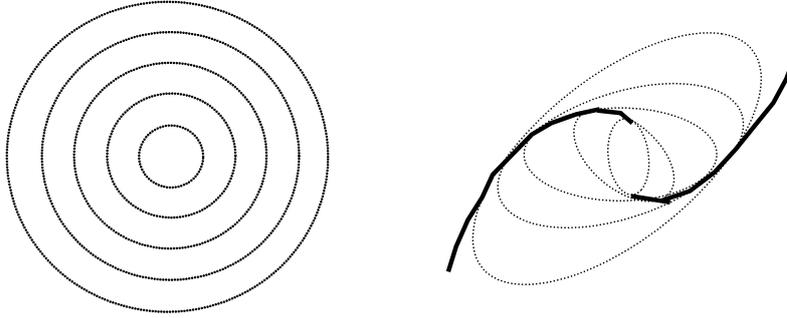


그림 18 은하내의 별의 궤도에 의한 밀도파 이론

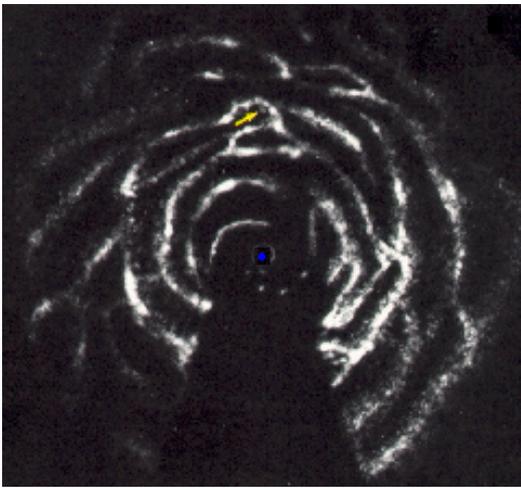


그림 19 21cm 관측으로 얻은 우리은하 나선팔

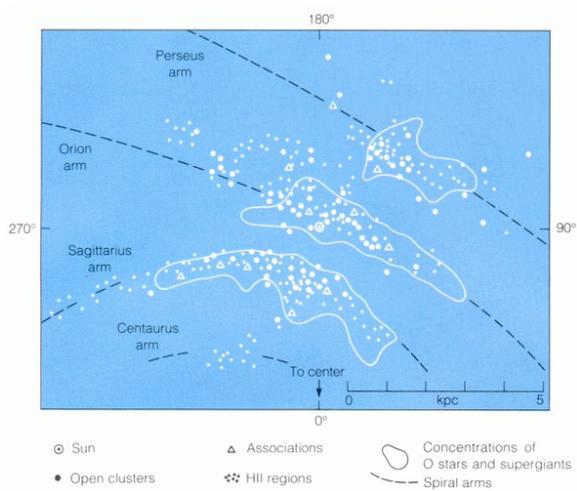
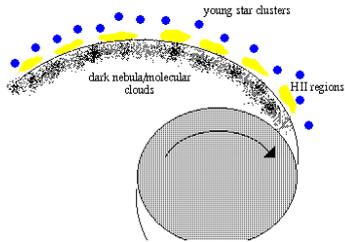


그림 20 태양계 근처의 나선팔

### Star Formation in Spiral Arms

The spiral pattern collects gas and dust as it sweeps across the Galaxy disk. The gas is compressed into forming stars which develop first as HII regions then young clusters.



Notice that the spiral pattern moves slower than the rotation of the stars and gas. So stars form and move out from the spiral arms.

그림 21 나선팔 근처의 천체들

### 출처 및 참고문헌

- 김철희, 안유민, 박혜영, 정기영, 신윤주, 고등학교 1학년 과학 탐구수업 지도자료 ⑫ 은  
근히 재미있는 하늘 이야기, p. 14-16, 서울대학교 과학교육연구소, 2007년
- 최승연, 우주의 메시지, p. 254-266, 시그마프레스, 2008년