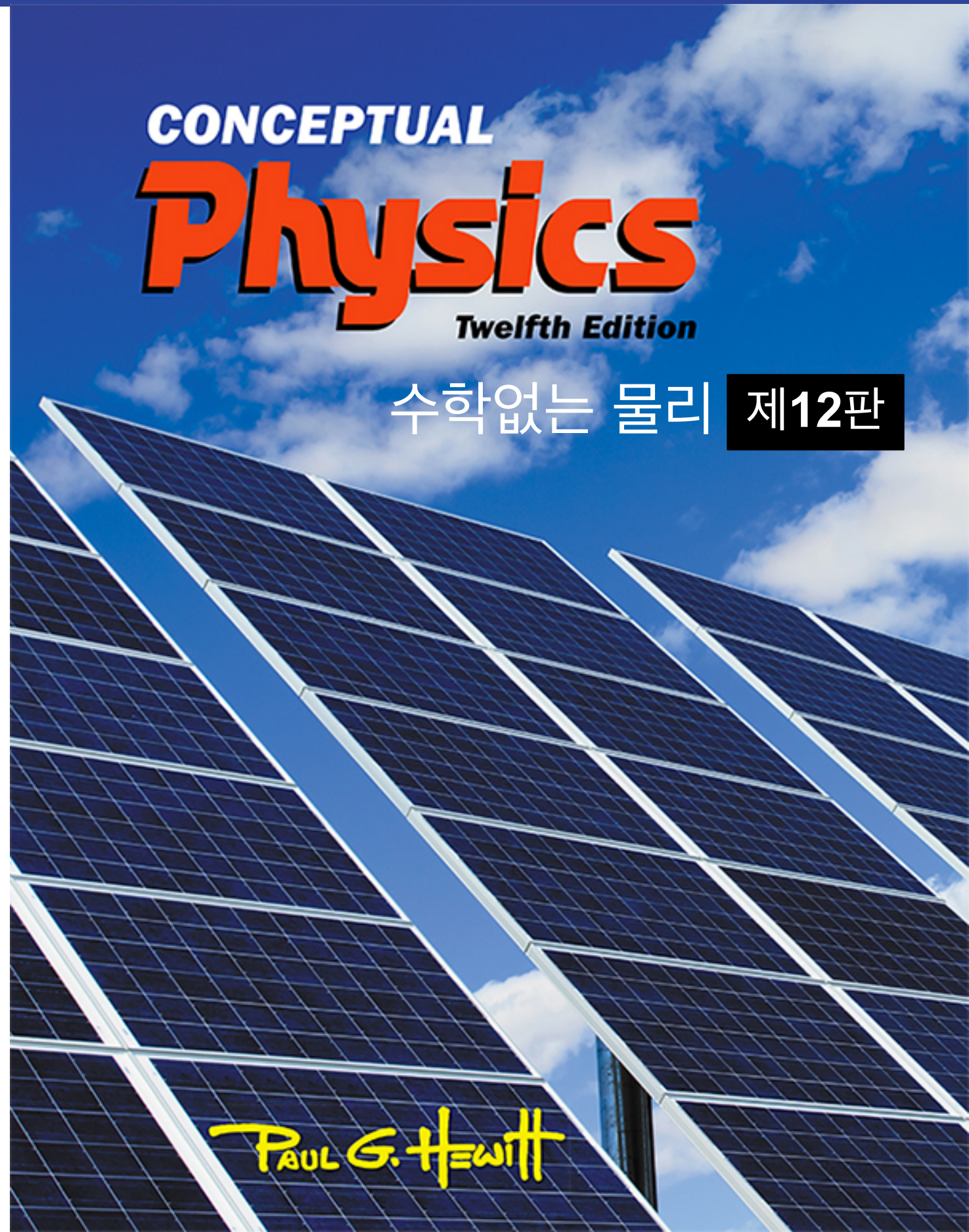


제9장:
중력
Gravity

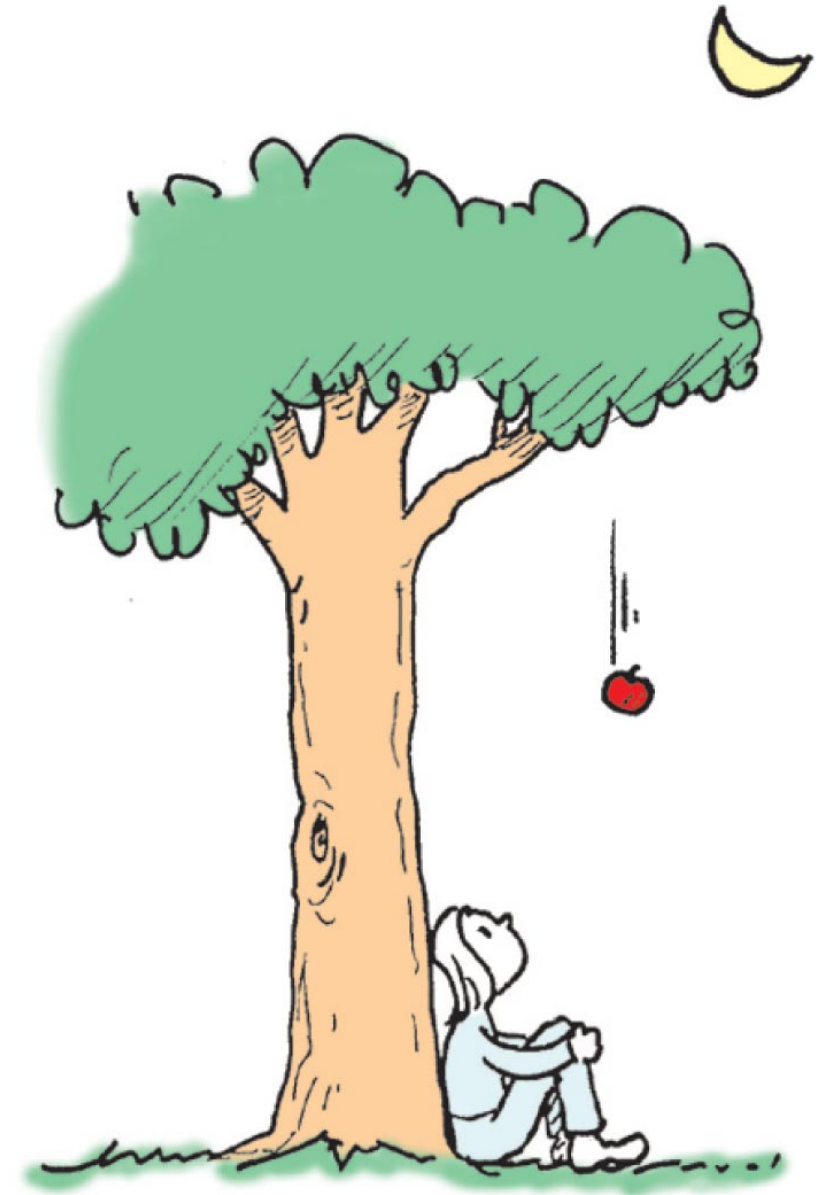


학습내용

- ◆ 뉴턴의 통합
- ◆ 만유인력 법칙
- ◆ 만유인력 상수 G
- ◆ 중력과 거리: 역제곱 법칙
- ◆ 무게와 무중력
- ◆ 바다의 조석
- ◆ 중력장
- ◆ 아인슈타인의 중력 이론
- ◆ 블랙홀
- ◆ 만유인력

뉴턴의 통합

- ◆ 중력을 발견한 것은 뉴턴이 처음은 아니었다. 뉴턴은 중력이 보편적인 힘이라는 것을 발견했다.
- ◆ 전설 — 뉴턴은 사과나무 아래에 앉아 있다가 지구가 사과를 끌어 당기는 힘은 달에도 적용할 수 있다는 것을 깨닫게 되었다.



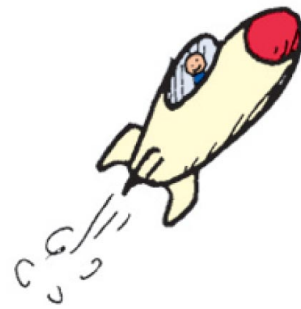
뉴턴의 통합

- ◆ 아리스토텔레스 시대에는 행성과 별의 운동은 당연한 자연적 운동으로 생각했다. 그러나, 지상 위의 물체는 다른 법칙에 지배된다고 생각했다.
- ◆ 뉴턴은 행성에 작용하는 힘은 태양을 향한다는 것을 알게 되었다.
 - 이 힘은 사과를 나무에서 떨어뜨리는 힘과 같다.
- ◆ 뉴턴의 통합: 천체와 지상의 물체에 동일한 법칙이 적용된다.

만유인력 법칙

◆ 만유인력 법칙:

- 모든 것이 모든 것을 끌어당긴다.
- 모든 물체는 두 물체의 질량에 비례하고 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례하는 힘으로 다른 물체를 끌어당긴다.



만유인력 법칙

◆ 수식:

$$\text{힘} \sim \frac{\text{질량} \times \text{질량}}{\text{거리}^2} \quad \text{또는} \quad F \sim \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

여기서 m_1 과 m_2 는 질량이며, d 는 두 질량중심 사이의 거리(중심거리라고 부른다)이다.

◆ 예:

- 두 물체의 질량이 크면 클 수록 인력은 커진다.
- 두 물체의 중심거리가 멀 수록 인력은 약해진다.

만유인력 상수, G

- ◆ 알려진 네 가지 기본 힘 중에서 중력이 가장 약하다.
- ◆ 중력 상수(G)를 이용해 만유인력의 법칙은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

- ◆ 만유인력 상수의 크기:
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

만유인력 상수, G

◆ 지구의 반지름: $6.4 \times 10^6 \text{ m}$

◆ 지구의 질량, M

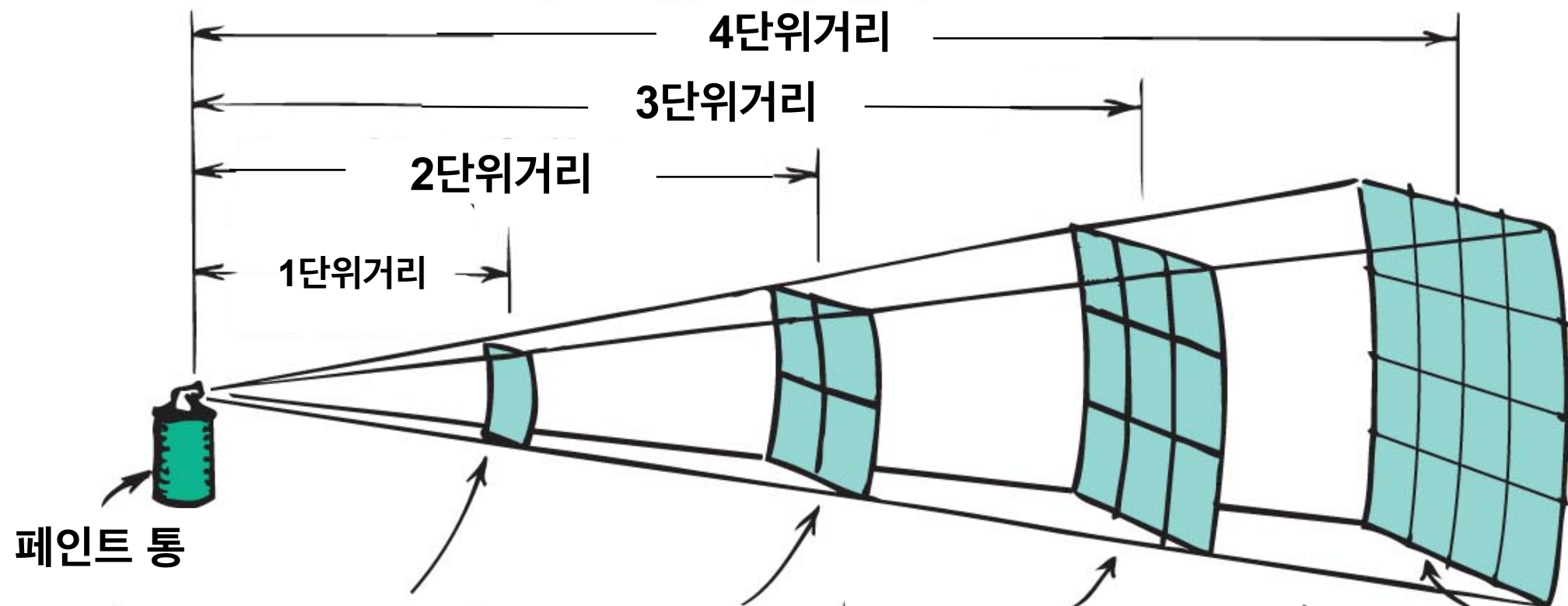
$$9.8 \text{ N} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \frac{1 \text{ kg} \times M}{(6.4 \times 10^6 \text{ m})^2}$$
$$\therefore M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

중력과 거리: 역제곱 법칙

◆ 역제곱 법칙:

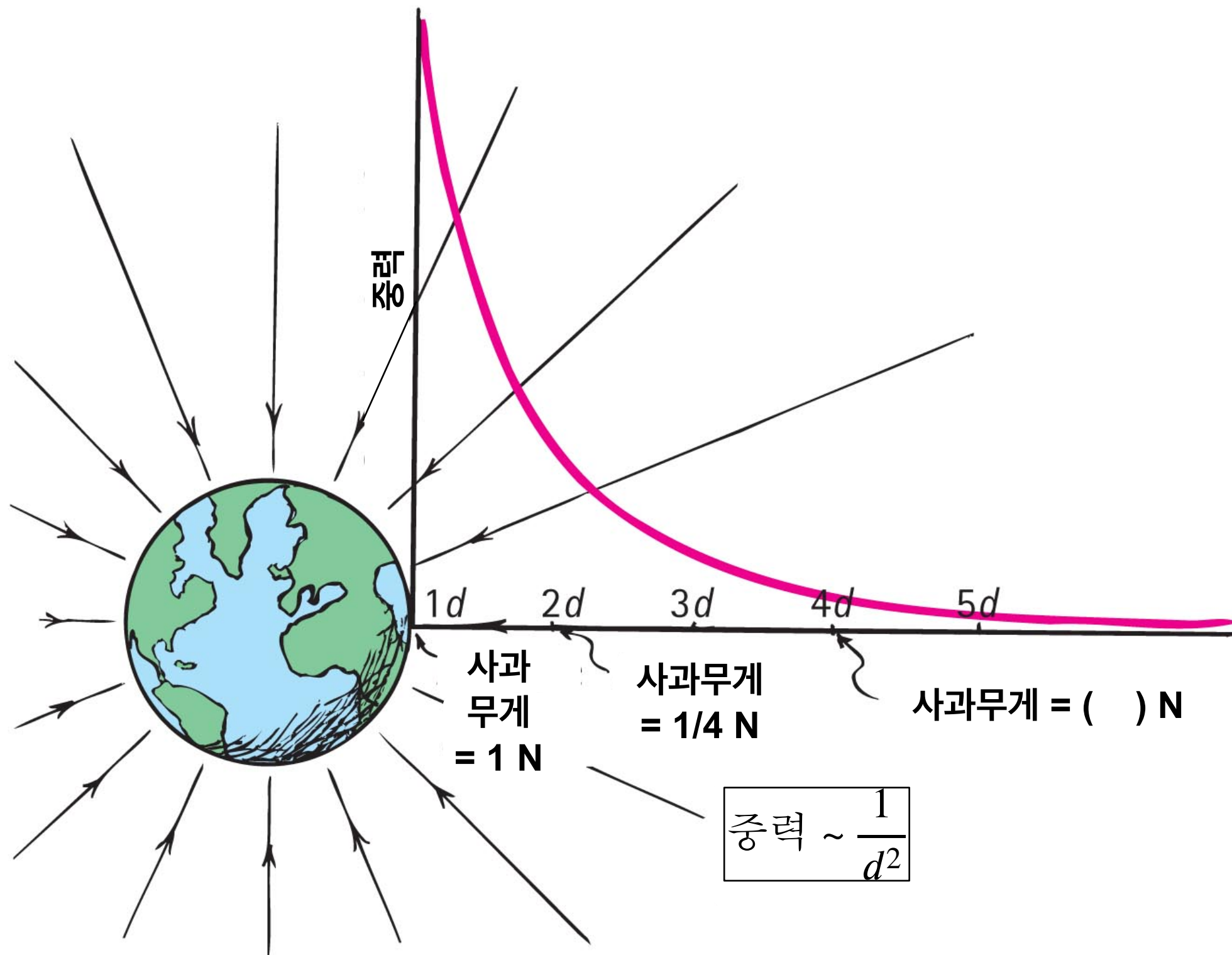
- 어떤 국소적 원천으로부터 발생하는 효과가 주위의 공간으로 균일하게 퍼져 나가는 모든 현상에서 성립한다.
- 수식: 세기 $\sim 1/\text{거리}^2$
- 예를 들면, 거리가 증가하면 힘은 약해진다.
- 매우 먼거리에서는 중력이 0에 접근하지만 결코 0이 되지는 않는다.

역제곱 법칙



	1단위면적	2단위면적	() 단위면적	() 단위면적
페인트 분사량	1층 두께	1/4층 두께	()층 두께	()층 두께

역제곱 법칙



중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

두 행성 사이에 작용하는 중력은 무엇에 의존하는가?

- A. 질량과 떨어진 거리
- B. 행성 환경
- C. 회전운동
- D. 위 모두

중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

두 행성 사이에 작용하는 중력은 무엇에 의존하는가?

- A. 질량과 떨어진 거리
- B. 행성 환경
- C. 회전운동
- D. 위 모두

중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

두 행성의 질량이 갑자기 각각 두 배가 된다면, 중력은 어떻게 되는가?

- A. 두 배 증가
- B. 네 배 증가
- C. 반으로 줄어듦
- D. $\frac{1}{4}$ 로 줄어듦

중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

두 행성의 질량이 갑자기 각각 두 배가 된다면, 중력은 어떻게 되는가?

- A. 두 배 증가
- B. 네 배 증가**
- C. 반으로 줄어듦
- D. $\frac{1}{4}$ 로 줄어듦

중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

한 행성의 질량이 갑자기 2 배가 되면, 이웃하는 행성과의 중력은 어떻게 되는가?

- A. 두 배 증가
- B. 네 배 증가
- C. 반으로 줄어듦
- D. $\frac{1}{4}$ 로 줄어듦

중력과 거리: 역제곱 법칙 확인문제

한 행성의 질량이 갑자기 2 배가 되면, 이웃하는 행성과의 중력은 어떻게 되는가?

- A. 두 배 증가
- B. 네 배 증가
- C. 반으로 줄어듦
- D. $\frac{1}{4}$ 로 줄어듦

무게와 무중력

◆ 무게:

- 물체가 지지면에 가하는 힘
- 예:
 - ▶ 승강기가 아래로 가속되면, 저울의 용수철이 덜 압축되어 무게가 감소한다.
 - ▶ 승강기가 위로 가속하면, 저울의 용수철을 더 많이 압축하여 무게가 증가한다.
 - ▶ 승강기가 일정한 속도로 움직이면, 무게는 변하지 않는다.

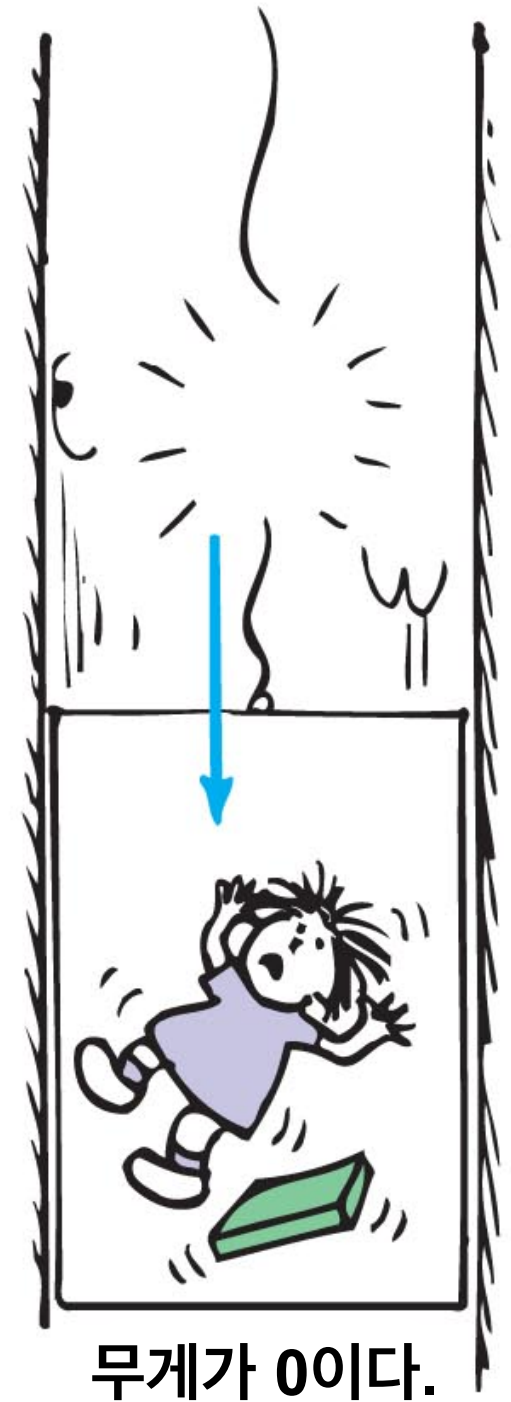
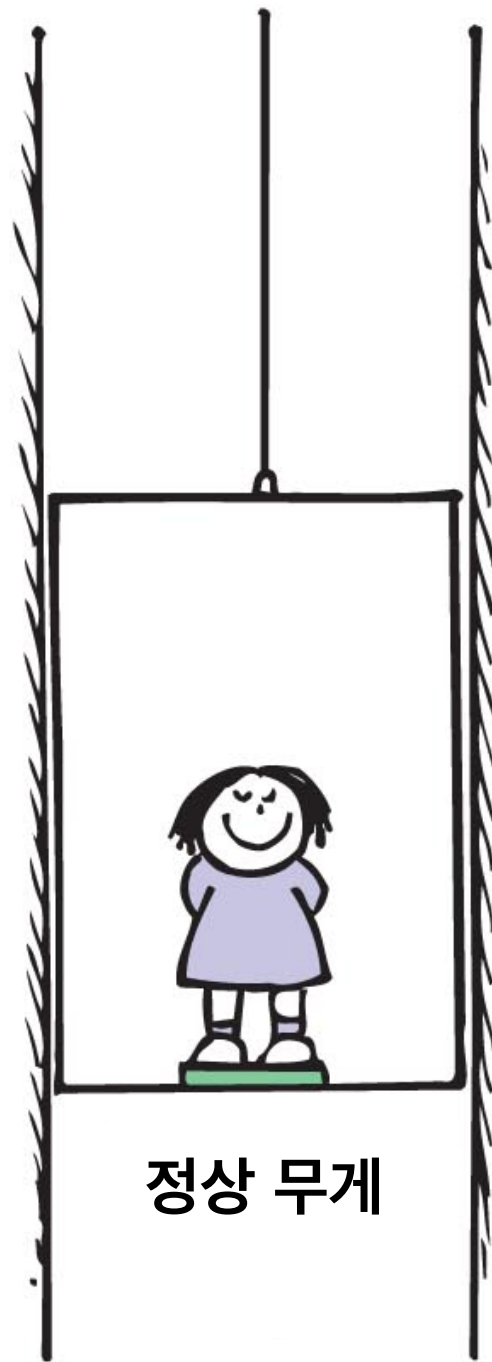
무게와 무중력

◆ 무중력:

- 자유낙하할 때에는 지지력이 없다.
- 예: 궤도비행 중인 우주비행사에게는 지지력이 없어서 무중력 상태에 있다.



무게와 무중력



무게와 무중력 확인문제

승강기가 위로 가속할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력 확인문제

승강기가 위로 가속할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력 확인문제

승강기가 아래로 가속할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력 확인문제

승강기가 아래로 가속할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력 확인문제

승강기 줄이 끊어져서 승강기가 자유낙하할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력 확인문제

승강기 줄이 끊어져서 승강기가 자유낙하할 때, 저울의 눈금이 가리키는 무게는 어떻게 되는가?

- A. 더 커진다.
- B. 더 작아진다.
- C. 0이 된다.**
- D. 정상 무게이다.

무게와 무중력

확인문제

승강기에서 몸무게를 측정할 때, 다음 중 몸무게가 더 많이 나가는 경우는?

- A. 승강기가 위로 움직일 때
- B. 승강기가 아래로 움직일 때
- C. 승강기가 위로 가속할 때
- D. 위 모두 해당된다.

무게와 무중력

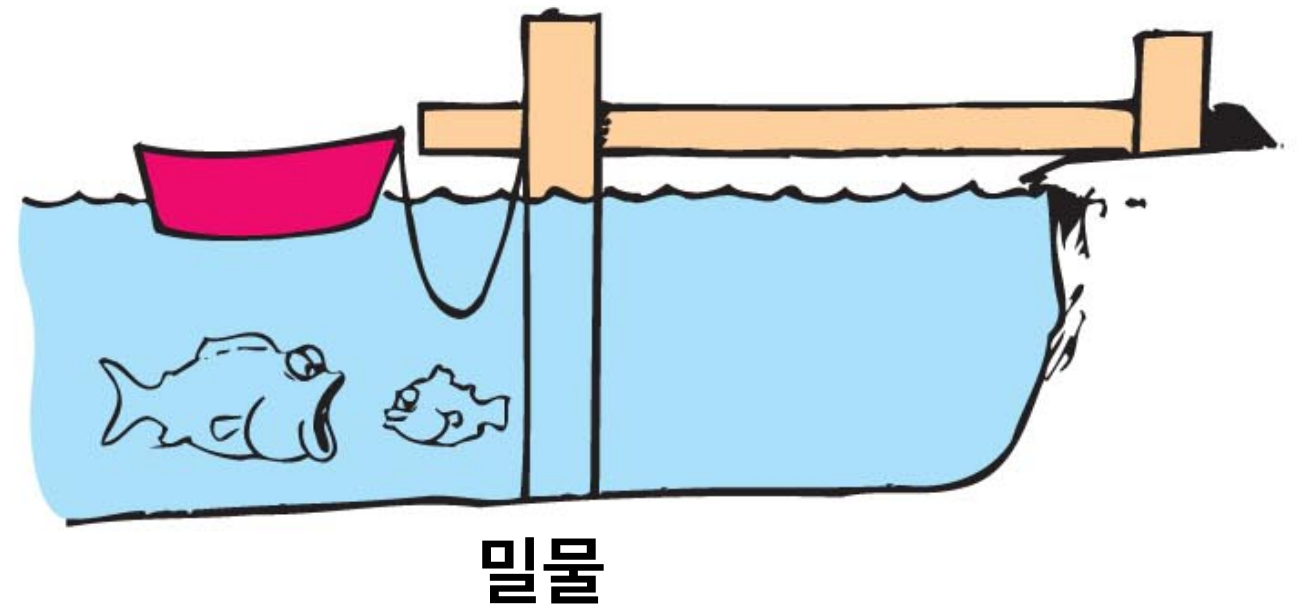
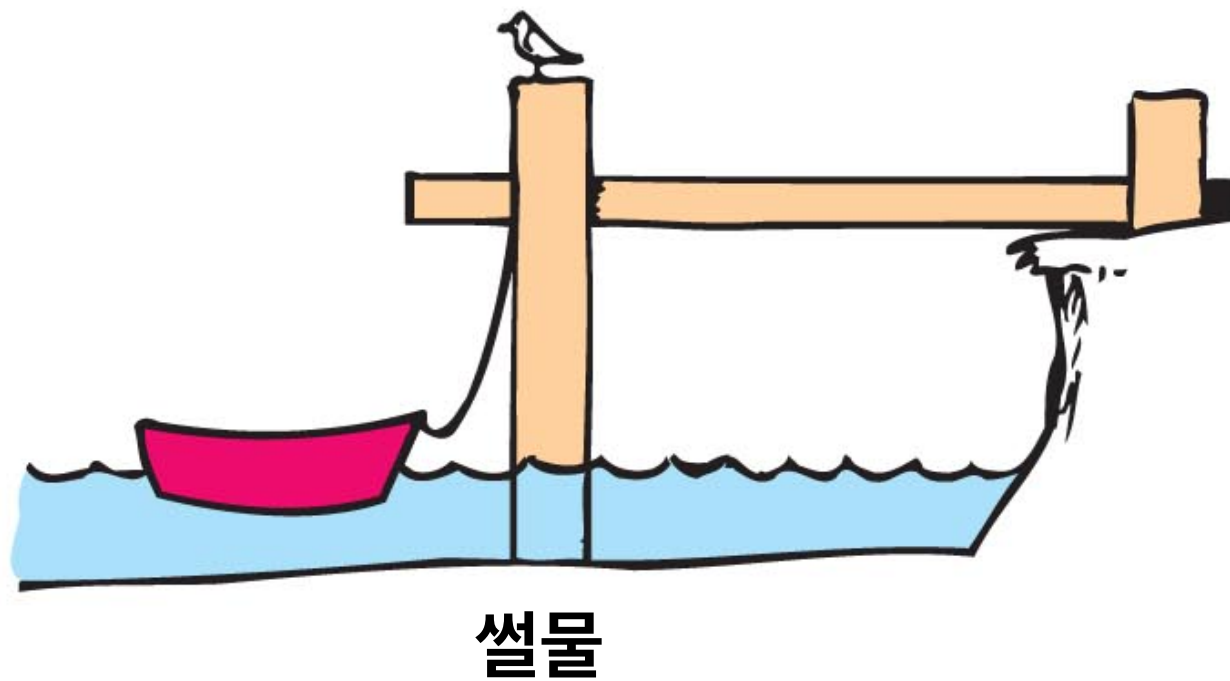
확인문제

승강기에서 몸무게를 측정할 때, 다음 중 몸무게가 더 많이 나가는 경우는?

- A. 승강기가 위로 움직일 때
- B. 승강기가 아래로 움직일 때
- C. 승강기가 위로 가속할 때**
- D. 위 모두 해당된다.

바다의 조석

- ◆ 태양과 달이 지구에 미치는 중력의 차이에 의해 지구의 바다가 오르 내리는 현상을 조석이라고 한다.



- ◆ 하루에 두 번의 밀물과 썰물이 있다.

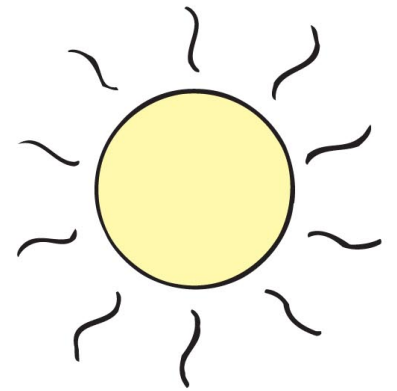
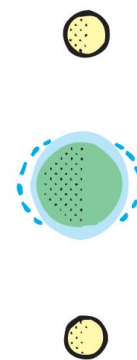
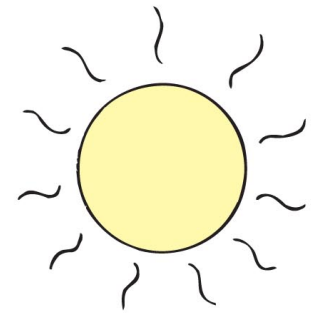
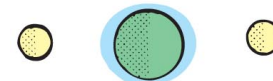
바다의 조석

- ◆ 바다의 조석은 달의 인력에 의해 생긴다.
- ◆ 지구의 서로 반대되는 면들에서 달과 지구간의 중력의 차이에 의해 생긴다.
 - 부푼 곳이 두 곳이므로, 밀물은 12시간마다 생긴다.



바다의 조석

- ◆ 태양, 지구, 달이 일직선 상에 놓일 때 태양과 달에 의한 조석이 일치한다. (보름달 또는 초승달) 평균보다 높은 밀물과 낮은 썰물이 발생하는데 이 현상을 **한사리**라고 한다.
- ◆ 달이 초승달과 보름달 사이의 중간 상태에서 지구의 어느 한 쪽에 있을 때, 태양과 달에 의한 조석의 일부가 상쇄되어 평균보다 밀물이 낮고 썰물은 높다. 이 현상을 **조금**이라고 한다.

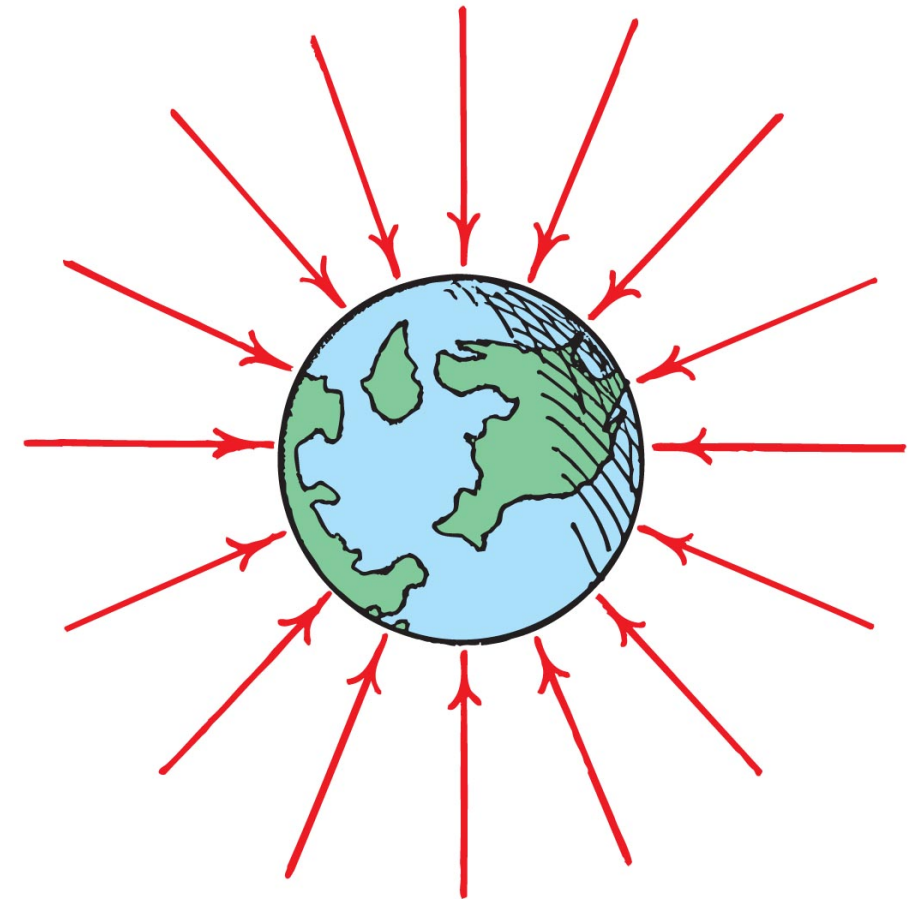


중력장

- ◆ 지구와 달의 인력은 먼거리 작용이다. 어떻게 접촉하지 않고 서로 상호 작용할 수 있는가?
- ◆ 중력에 대한 또다른 시각:
 - 지구는 중력장에 둘러싸여 있다.
 - 달은 이 중력장과 상호작용한다.
- ◆ **중력장**은 지구(또는 질량을 갖는 물체) 주위의 공간의 변화이다.
 - 중력장은 역장의 한 예이다.
 - 역장의 또다른 예: 자기장

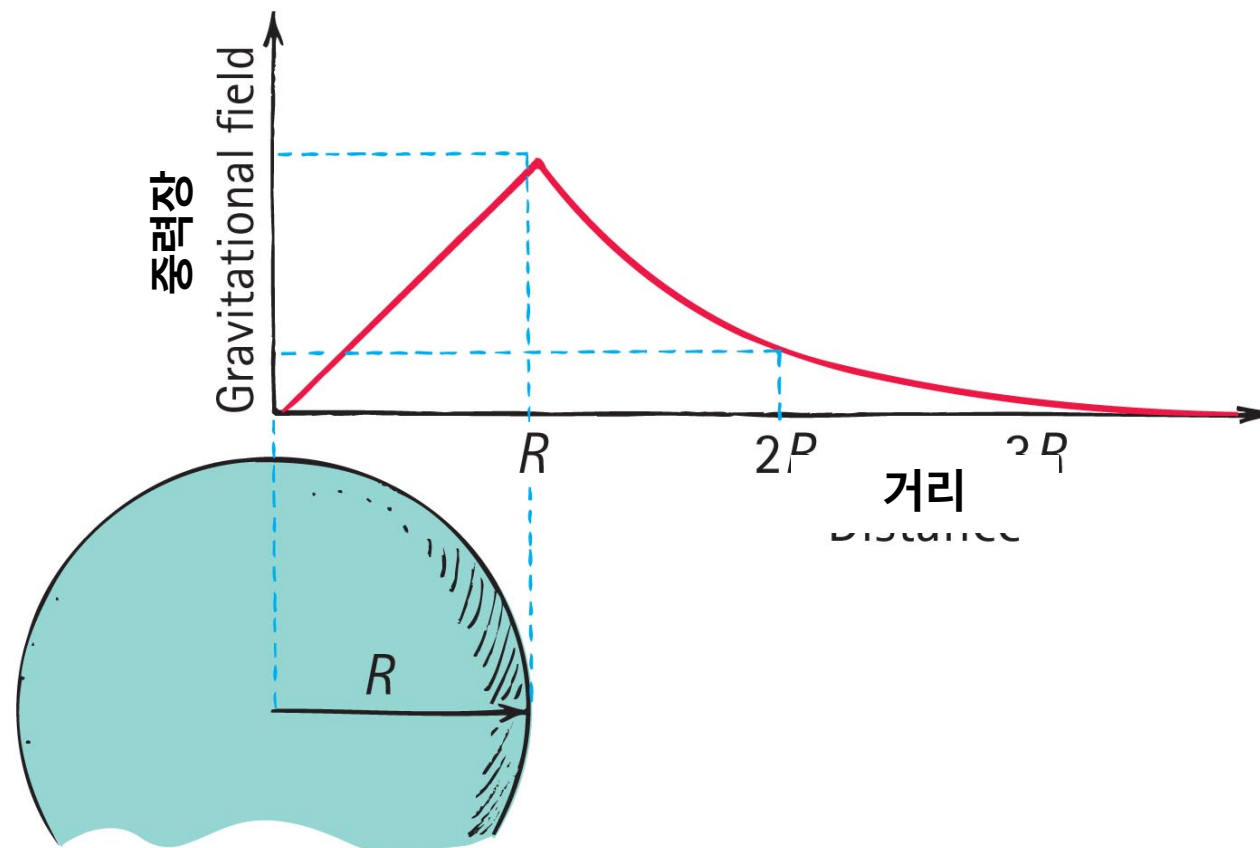
중력장

- ◆ 지구의 중력장은 중력장의 역선으로 표시할 수 있다.
- ◆ 안쪽 방향의 화살표는 중력이 항상 지구 쪽으로 끌어당긴다는 것을 가리킨다.
- ◆ 역선들이 밀집한 곳일수록 중력장이 더 강하다.



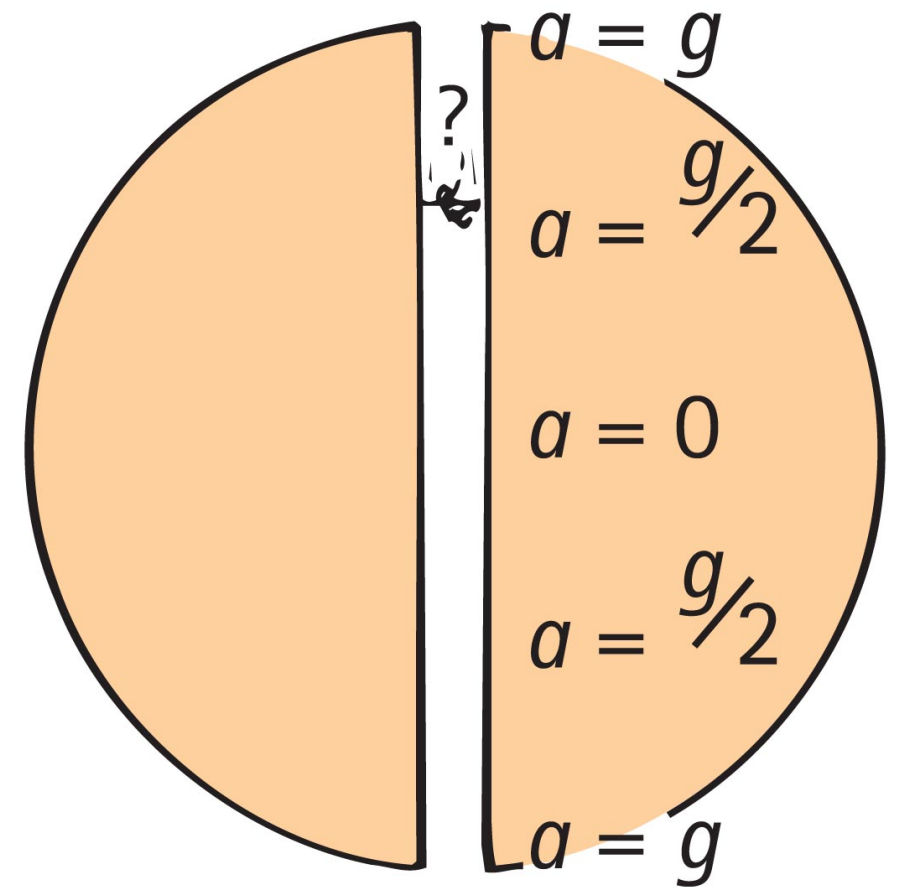
중력장

- ◆ 행성 내부에서, 중심으로 갈 수록 중력장은 감소해서 0에 가까워진다.
 - 지구 중심 쪽으로 끌어당기는 질량이 적어지기 때문이다.
- ◆ 행성 외부에서, 중력장은 감소해서 무한대에서는 0이 된다.
 - 행성으로부터 멀리 떨어지기 때문이다.



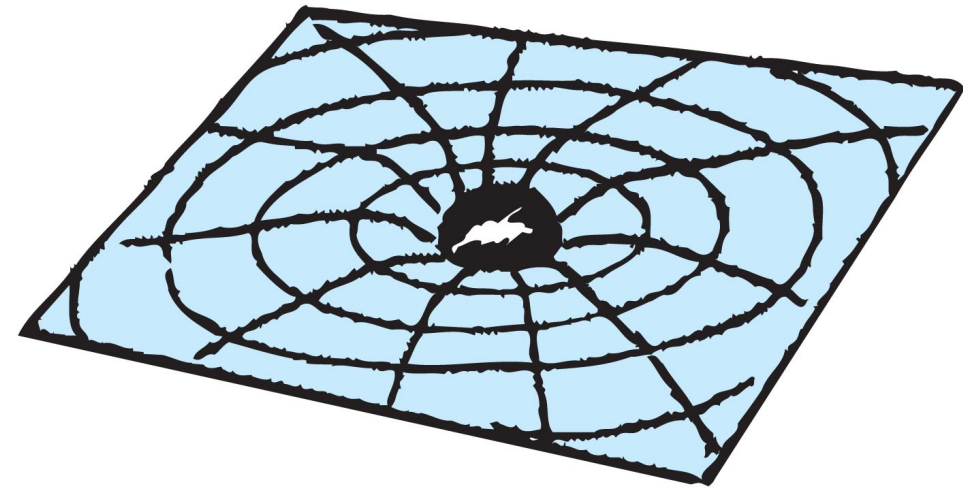
중력장

- ◆ 지구를 관통하는 통로로 떨어진다고 하자.
- ◆ 아랫부분의 지구질량이 점점 줄어들므로 가속도는 감소한다.
- ◆ 지구 중심에서는 가속도가 0이 된다.
- ◆ 지구 중심을 통과할 때 가진 운동량 때문에 반대방향으로 가속도가 증가하여 통로의 반대편 끝에서는 다시 g 가 된다.



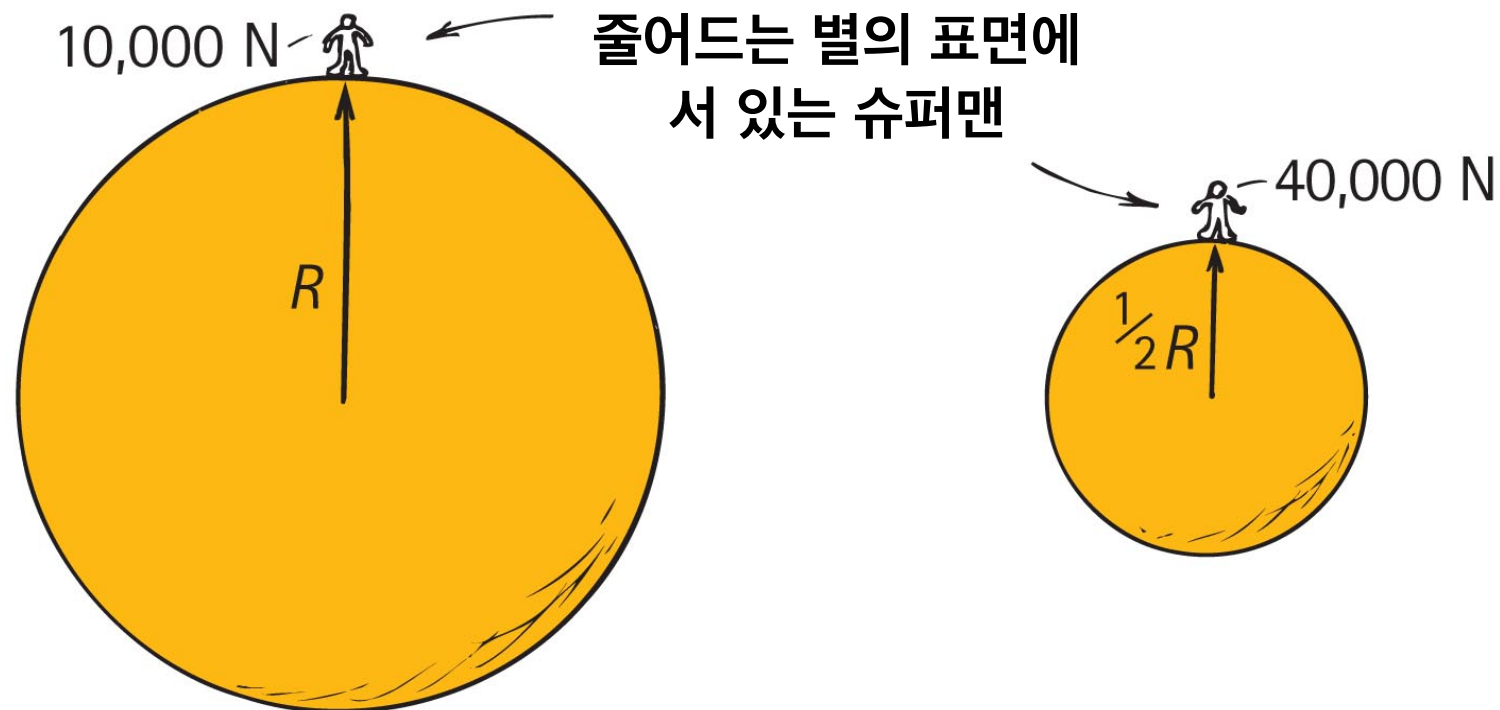
아인슈타인의 중력 이론

- ◆ 중력장은 4차원 시공간의 기하학적인 휘어짐이다.
 - 물침대의 중간에 무거운 공을 올려놓으면 2차원 표면이 움푹 들어간다.
- ◆ 시공간이 휘어져 있어서 물체는 곡선을 따라 움직인다.
 - 구슬은 물침대의 표면을 따라 곡선 경로를 구르게 된다.



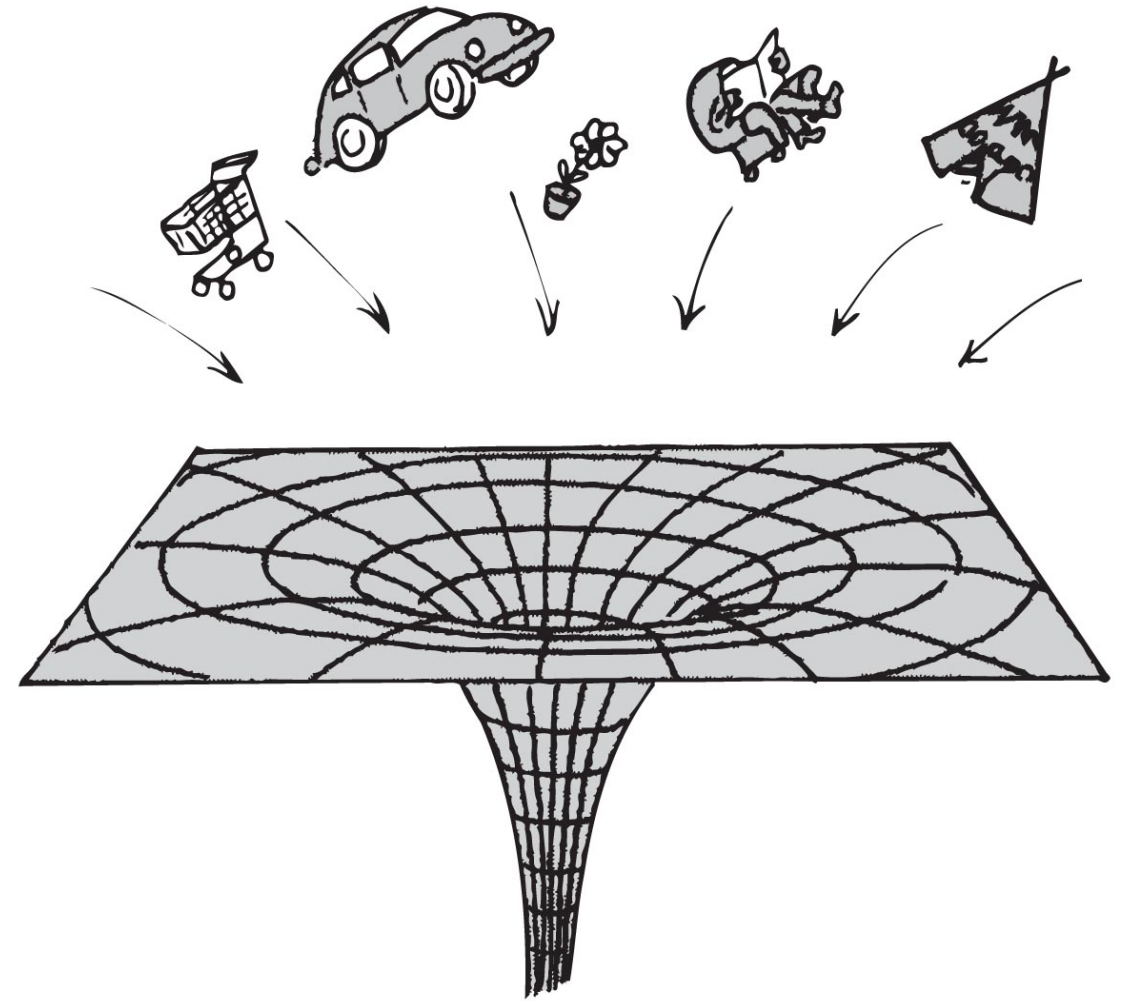
블랙홀

- ◆ 별이 수축하면, 모든 질량은 더 작은 반경 안에 있게 된다.
- ◆ 그러면, $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$ 에 의해 별의 표면 위의 중력은 증가한다.



블랙홀

- ◆ **블랙홀:** 별이 너무 작아지고 중력이 너무 커져서 빛조차도 빠져나올 수 없게 되면, 인접해 있는 모든 것은 휘어진 시공간에 의해 끌어당겨지며 영원히 잃어버리게 된다.



블랙홀 확인문제

태양이 블랙홀이 되면, 지구에는 무슨 일이 일어날까?

- A. 지구는 태양의 인력에서 벗어날 것이다.
- B. 지구는 태양으로 끌려갈 것이다.
- C. 지구 또한 블랙홀이 될 것이다.
- D. 위 모두 일어나지 않는다.

블랙홀 확인문제

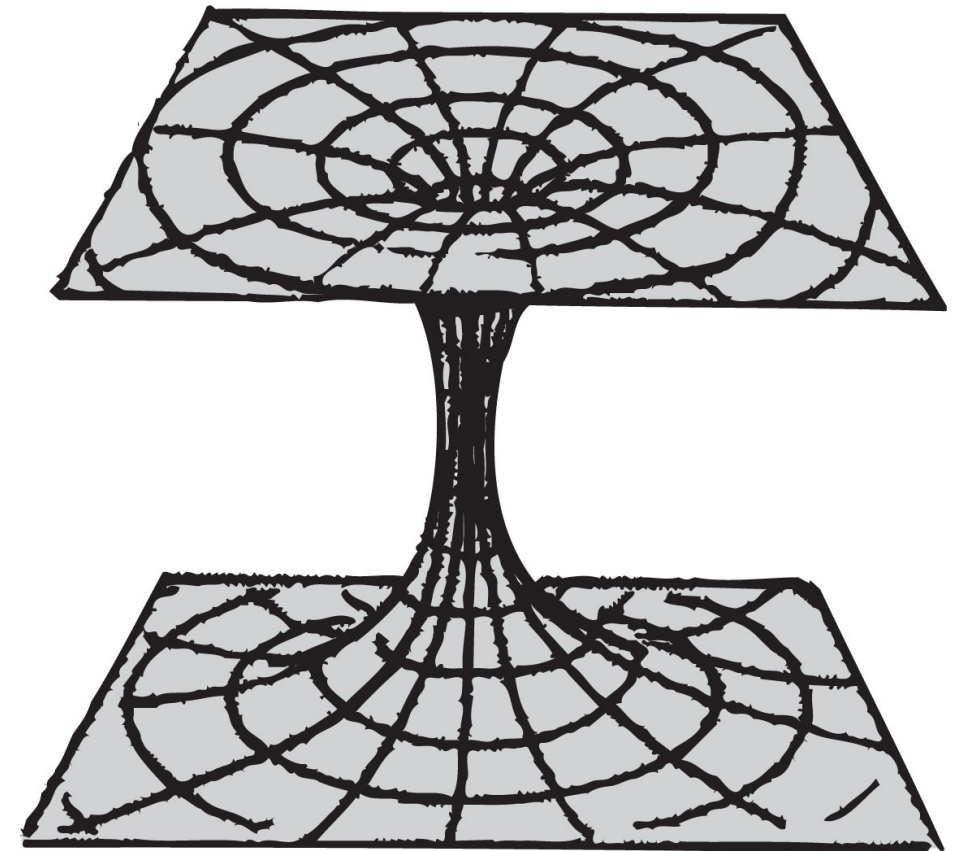
태양이 블랙홀이 되면, 지구에는 무슨 일이 일어날까?

- A. 지구는 태양의 인력에서 벗어날 것이다.
- B. 지구는 태양으로 끌려갈 것이다.
- C. 지구 또한 블랙홀이 될 것이다.
- D. 위 모두 일어나지 않는다.

웜홀(Wormhole)

◆ 웜홀: 시공간의 커다란 왜곡

- 무한한 밀도를 갖는 한 점으로 붕괴되는 대신 우리 우주 또는 다른 우주로 가는 통로가 열리는 것
- 아직까지 웜홀이 발견된 적은 없음.



만유인력

- ◆ 보편적인 중력
- ◆ 모든 물체는 모든 다른 물체를 끌어당긴다.
 - 예: 중력 때문에 지구는 둥글다—지구의 모든 부분이 서로 끌어당겨서, 중심으로부터 표면까지의 거리가 같아졌다.
- ◆ 우주는 가속 팽창하고 있다.

“본 강의 동영상 및 자료는 대한민국 저작권법을 준수합니다. 본 강의 동영상 및 자료는 상명대학교 재학생들의 수업목적으로 제작·배포되는 것이므로, 수업목적으로 내려받은 강의 동영상 및 자료는 수업목적 이외에 다른 용도로 사용할 수 없으며, 다른 장소 및 타인에게 복제, 전송하여 공유할 수 없습니다. 이를 위반해서 발생하는 모든 법적 책임은 행위 주체인 본인에게 있습니다.”