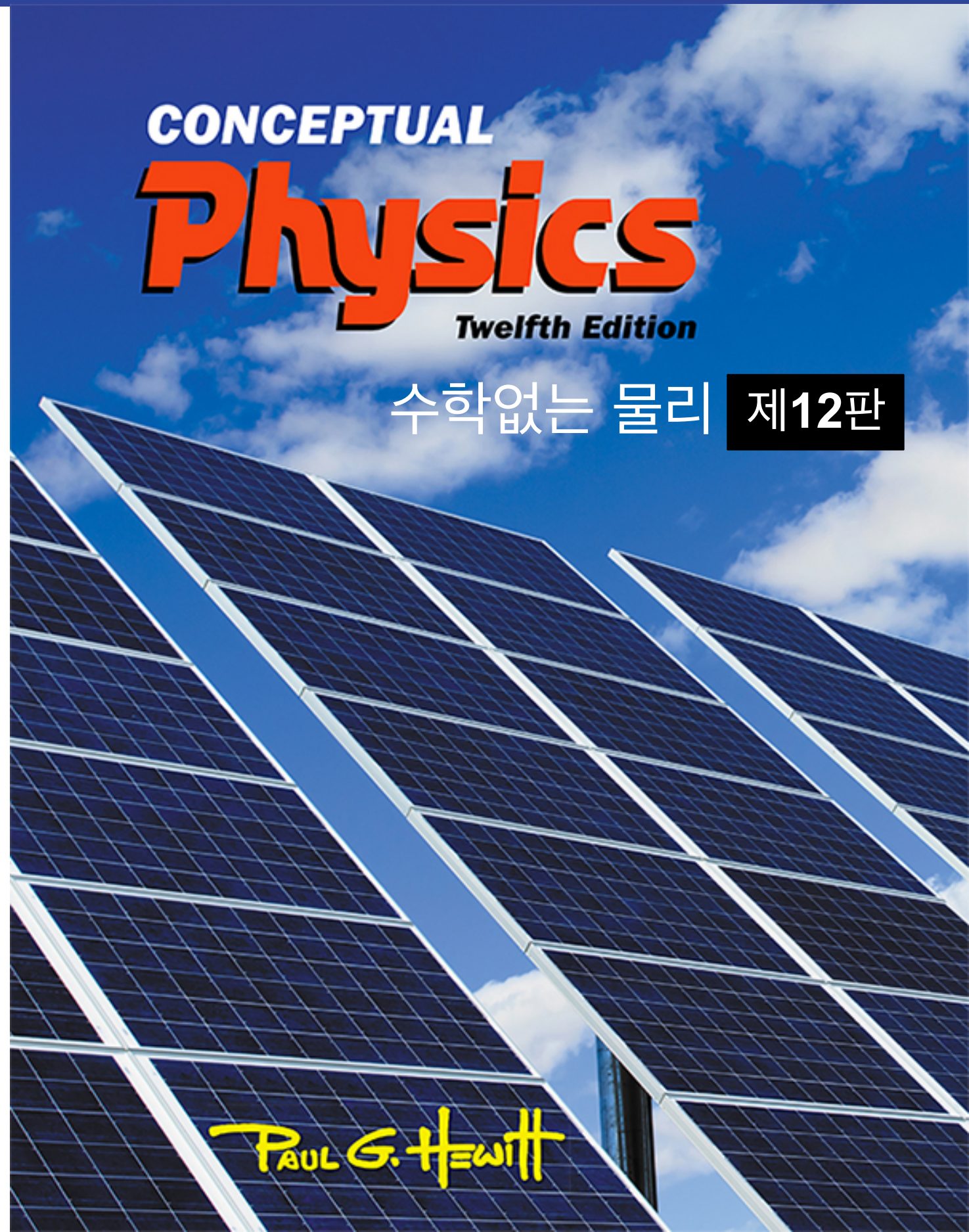


제4장:

뉴턴의 운동 제2법칙

Newton's Second Law of Motion



목차

- ▶ 힘이 가속도를 만든다
- ▶ 마찰력
- ▶ 질량과 무게
- ▶ 뉴턴의 운동 제2법칙
- ▶ 가속도가 g 일 때 – 자유낙하
- ▶ 가속도가 g 보다 작을 때 – 비자유낙하

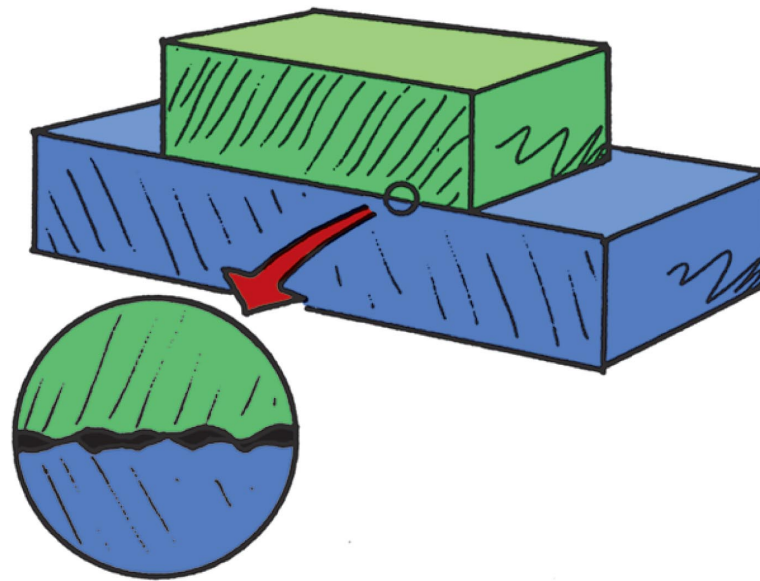
힘이 가속도를 만든다

- ▶ 가속도는 알짜힘에 정비례한다.
- ▶ 물체의 가속도를 증가시키려면, 작용하는 알짜힘을 증가시키면 된다.

가속도 ~ 알짜힘

마찰력

- ▶ 물질의 재료나 작용하는 압력 또는 접촉면 사이의 불규칙성에 따라 달라진다.
- ▶ 재료의 종류와 접촉면에 얼마나 큰 힘이 작용하는가에 따라서도 달라진다.



- ▶ 마찰력의 방향은 항상 운동을 방해하는 방향이다.
(즉, 운동방향과 반대방향)

마찰력 확인문제

다음 중 마찰력이 생기는 경우는?

- A. 미끄러지는 물체
- B. 물 속
- C. 공기 속
- D. 위의 모두가 해당

마찰력 확인문제

다음 중 마찰력이 생기는 경우는?

- A. 미끄러지는 물체
- B. 물 속
- C. 공기 속
- D. 위의 모두가 해당**

마찰력 확인문제

그림과 같이 일정한 속력으로 부엌 바닥에 놓여 있는 냉장고를 밀 때, 냉장고와 바닥 사이의 마찰력은?

- A. 미는 힘보다 작다.
- B. 미는 힘과 같다.
- C. 미는 힘과 크기는 같지만 반대방향이다.
- D. 미는 힘보다 크다.



마찰력 확인문제

그림과 같이 일정한 속력으로 부엌 바닥에 놓여 있는 냉장고를 밀 때, 냉장고와 바닥 사이의 마찰력은?

- A. 미는 힘보다 작다.
- B. 미는 힘과 같다.
- C. 미는 힘과 크기는 같지만 반대방향이다.**
- D. 미는 힘보다 크다.



마찰력 확인문제

냉장고를 미는 속력을 빠르게 하면, 냉장고와 바닥 사이의 마찰력은?

- A. 미는 힘보다 크기가 작다.
- B. 미는 힘과 같다.
- C. 미는 힘과 크기는 같고 방향은 반대이다.
- D. 미는 힘보다 크기가 크다.



마찰력 확인문제

냉장고를 미는 속력을 빠르게 하면, 냉장고와 바닥 사이의 마찰력은?

- A. 미는 힘보다 크기가 작다.
- B. 미는 힘과 같다.
- C. 미는 힘과 크기는 같고 방향은 반대이다.
- D. 미는 힘보다 크기가 크다.



- 설명:

속력이 증가한다는 것은 알짜힘이 0보다 크다는 것을 의미한다. 따라서 냉장고는 평형상태에 있지 않다.

질량과 무게

▶ 질량

- 물체를 구성하는 물질의 양.
- 물체를 움직이거나 정지시키는, 즉 물체의 운동을 변화시키려는 외부 영향에 물체가 나타내는 저항 즉 관성의 척도.

▶ 무게

- 중력이 물체에 작용하는 힘.

질량과 무게

▶ 질량

- 물체의 관성(inertia)의 척도
- 중력에 의존하지 않는다.
- 관성이 더 크면 \Rightarrow 질량이 더 크다
- SI 단위: 킬로그램 (kg)

▶ 무게

- 보통 중력이 물체에 작용하는 힘
- 힘의 단위: 뉴턴 (N)
- 미국에서의 단위: 파운드 (lb)

질량 – 관성의 척도 확인문제

물체의 질량이 반으로 줄어들면, 그 무게는?

- A. 반으로 줄어든다.
- B. 두 배가 된다.
- C. 위치에 의존한다.
- D. 위의 어느 것도 해당되지 않는다.

질량 – 관성의 척도 확인문제

물체의 질량이 반으로 줄어들면, 그 무게는?

- A. 반으로 줄어든다.
- B. 두 배가 된다.
- C. 위치에 의존한다.
- D. 위의 어느 것도 해당되지 않는다.

설명:

무게와 질량은 서로 정비례한다.

질량과 무게

- ▶ 일상에서는 질량과 무게를 혼동하여 사용
- ▶ 그러나, 질량은 무게보다 더 기본적인 양
- ▶ 질량과 무게의 비교
 - ▶ 달과 지구 위에서:
 - 달에서 물체의 무게는 지구에서보다 더 작다.
 - 물체의 질량은 두 곳에서 같다.

질량과 무게

- ▶ 1 kg의 무게는 대략 10 N이다.

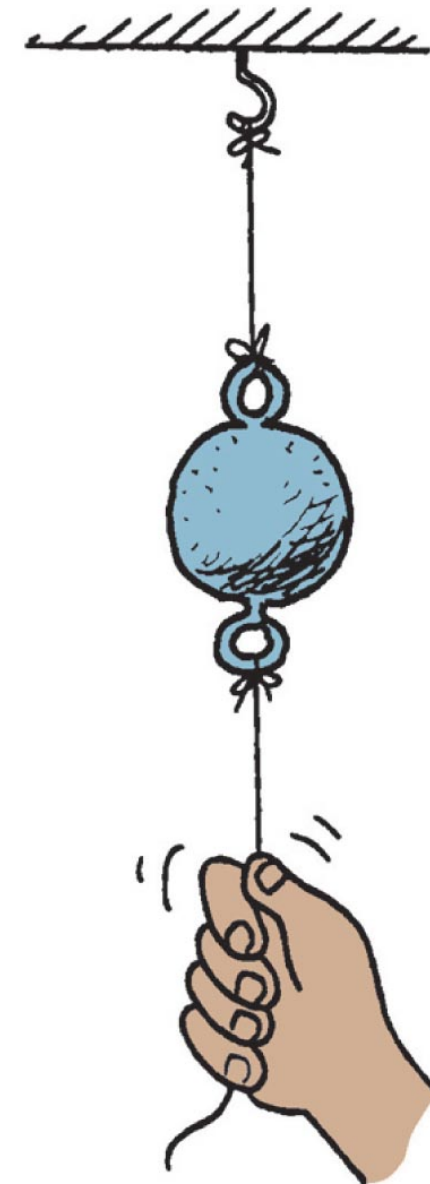
(정확하게는 9.8 N)

- ▶ 킬로그램과 파운드 사이의 관계
 - $1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lb} = 10 \text{ N}$ (지구 표면위에서)
 - $1 \text{ lb} = 4.45 \text{ N}$

질량과 무게 확인문제

끈을 아래로 천천히 당길 때, 윗 줄이 끊어진다. 이것이 설명하는 것은?

- A. 공의 무게
- B. 공의 질량
- C. 공의 부피
- D. 공의 밀도



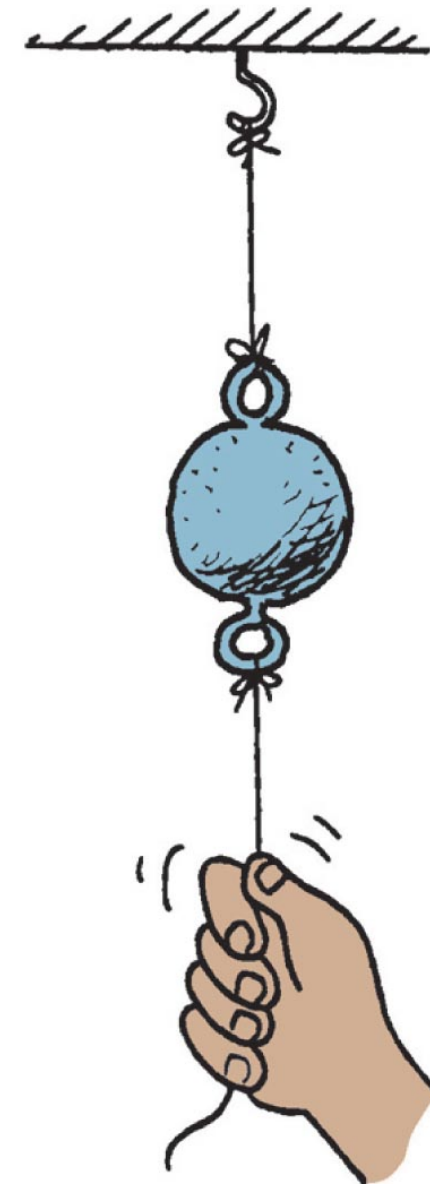
질량과 무게 확인문제

끈을 아래로 천천히 당길 때, 윗 줄이 끊어진다. 이것이 설명하는 것은?

- A. 공의 무게
- B. 공의 질량
- C. 공의 부피
- D. 공의 밀도

설명:

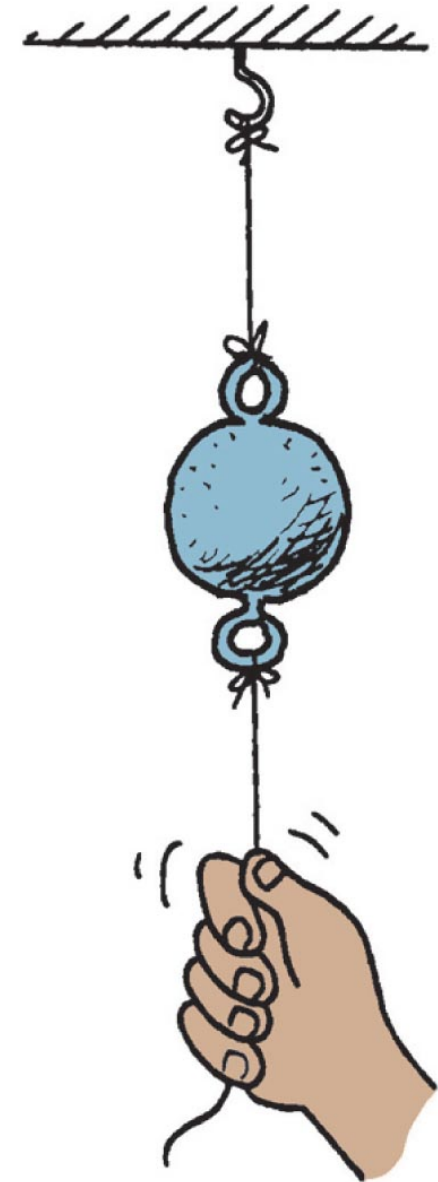
윗 줄에 걸리는 장력은 공의 무게와 잡아당기는 힘의 합이다.



질량과 무게 확인문제

줄을 갑자기 잡아당기면, 아랫줄이 끊어진다. 이것이 설명하는 것은?

- A. 공의 무게
- B. 공의 질량
- C. 공의 부피
- D. 공의 밀도



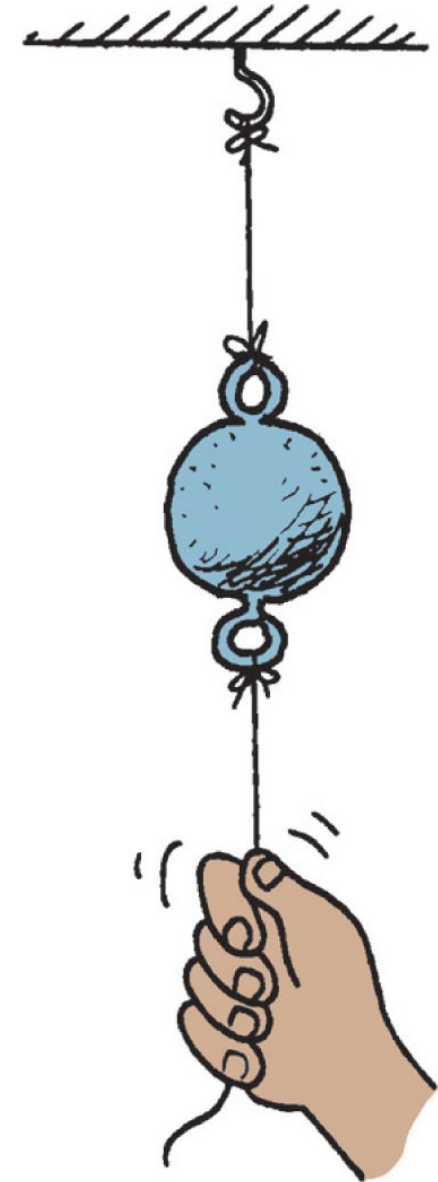
질량과 무게 확인문제

줄을 갑자기 잡아당기면, 아랫줄이 끊어진다. 이것이 설명하는 것은?

- A. 공의 무게
- B. 공의 질량**
- C. 공의 부피
- D. 공의 밀도

설명:

공이 정지해 있으려는 성향 때문에 아랫줄이 끊어진다.



가속도에 저항하는 질량

▶ 같은 힘이 작용할 때

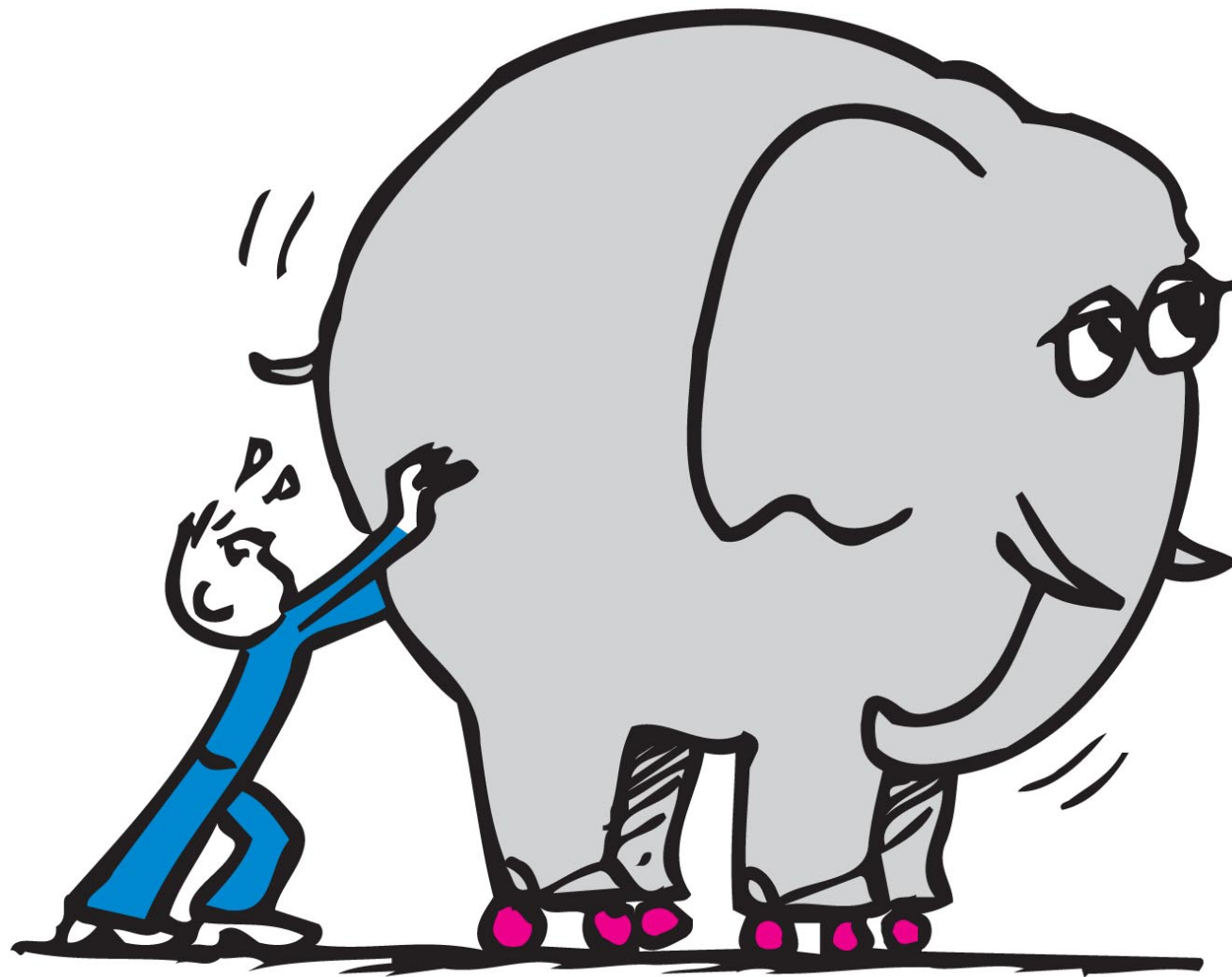
- 질량이 2배가 되면 가속도는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.
- 질량이 3배가 되면 가속도는 $\frac{1}{3}$ 배가 된다.

$$\text{가속도} \sim \frac{1}{\text{질량}}$$

- 가속도는 질량에 반비례한다.

뉴턴의 운동 제2법칙

- ▶ 뉴턴(Isaac Newton)은 힘, 질량, 가속도 사이의 관계를 처음으로 발견



뉴턴의 운동 제2법칙

- ▶ 뉴턴의 두 번째 법칙(가속도의 법칙)은 가속도와 힘을 연결시킨다.

물체의 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘에 정비례하며 가속도의 방향은 힘의 방향과 같고, 물체의 질량에 반비례한다.

뉴턴의 운동 제2법칙

▶ 수식:

$$\text{가속도} = \frac{\text{알짜힘}}{\text{질량}}$$

▶ 예:

- 물체에 작용하는 알짜힘이 2배가 되면
⇒ 가속도는 2배가 된다
- 물체의 질량이 2배가 되면
⇒ 물체의 가속도는 1/2배가 된다.

뉴턴의 운동 제2법칙

손 힘이 토막을
가속시킨다



손 힘이 토막을
가속시킨다



힘을 2배로 하면
가속도는 2배가 된다



같은 힘은 두 토막을
절반의 크기로 가속시킨다



힘과 질량을 모두 2배로 하면
똑같은 가속도를 준다



세 토막에 작용하면
가속도는 1/3이 된다



뉴턴의 운동 제2법칙

확인문제

100,000 N의 엔진 추진력으로 점보제트기가 1,000 km/h의 등속도로 비행하고 있다. 점보기의 가속도는 무엇인가? 점보기에 작용하는 공기의 저항력은 무엇인가?

- A. 가속도와 저항력은 모두 0이다.
- B. 가속도는 0이지만 저항력은 100,000 N의 크기를 갖고 점보기의 진행 방향과 반대 방향이다.
- C. 가속도는 0이지만 저항력은 100,000 N의 크기를 갖고 점보기의 진행 방향과 같은 방향이다.
- D. 문제의 정보만으로는 불충분하다.

뉴턴의 운동 제2법칙

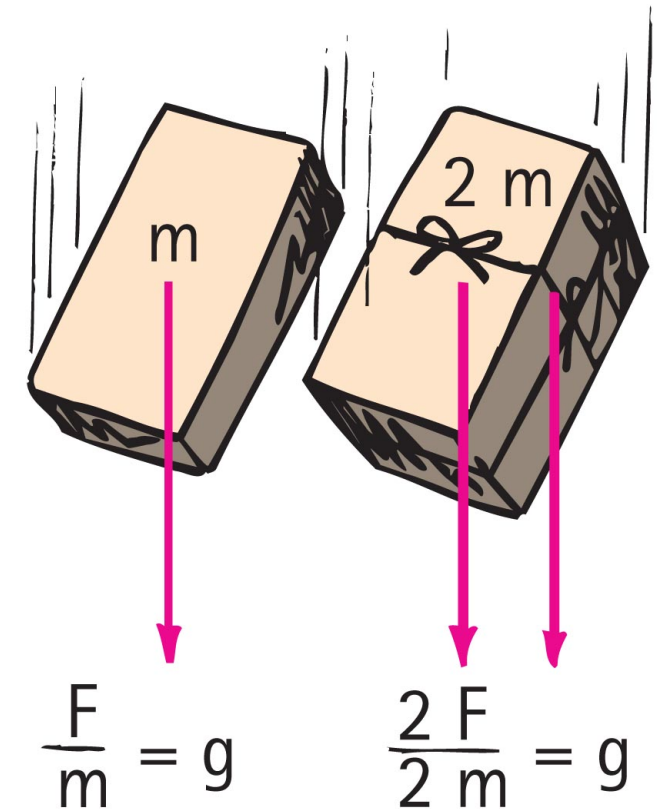
확인문제

100,000 N의 엔진 추진력으로 점보제트기가 1,000 km/h의 등속도로 비행하고 있다. 점보기의 가속도는 무엇인가? 점보기에 작용하는 공기의 저항력은 무엇인가?

- A. 가속도와 저항력은 모두 0이다.
- B. 가속도는 0이지만 저항력은 100,000 N의 크기를 갖고 점보기의 진행 방향과 반대 방향이다.**
- C. 가속도는 0이지만 저항력은 100,000 N의 크기를 갖고 점보기의 진행 방향과 같은 방향이다.
- D. 문제의 정보만으로는 불충분하다.

자유낙하

- ▶ 물체의 질량이 클 수록...
 - 지구 사이의 중력이 커진다. ($2F$)
 - 물체의 운동에 대한 저항, 즉 관성이 더 커진다. ($2m$)
 - 따라서, 두 물체의 가속도는 같다. (질량이 두 배인 물체에 작용하는 두 배의 힘이 만드는 가속도는 질량이 절반인 물체에 절반의 힘이 만드는 가속도는 같다.)
 - 이 가속도를 중력가속도라고 하고 g 로 표시하고, 그 값은 10 m/s^2 이다.(더 정확하게는, 9.8 m/s^2 .)



자유낙하 확인문제

어떤 순간에, 자유낙하하는 한 물체가 40 m/s 의 속력을 갖는다. 1초 후에 그 속도는 어떻게 되는가?

- A. 거의 40 m/s .
- B. 45 m/s .
- C. 50 m/s .
- D. 위 어떤 것도 해당되지 않음

자유낙하 확인문제

어떤 순간에, 자유낙하하는 한 물체가 40 m/s 의 속력을 갖는다. 1초 후에 그 속도는 어떻게 되는가?

- A. 거의 40 m/s .
- B. 45 m/s .
- C. 50 m/s .**
- D. 위 어떤 것도 해당되지 않음

자유낙하 확인문제

질량이 5 kg인 쇠공과 10 kg인 쇠공이 정지상태에서 떨어진다. 공기 저항을 무시하면, 가벼운 쇠공과 비교했을 때 더 무거운 쇠공의 가속도는?

- A. 더 작다.
- B. 같다.
- C. 더 크다.
- D. 결정할 수 없다.

자유낙하 확인문제

질량이 5 kg인 쇠공과 10 kg인 쇠공이 정지상태에서 떨어진다. 공기 저항을 무시하면, 가벼운 쇠공과 비교했을 때 더 무거운 쇠공의 가속도는?

- A. 더 작다.
- B. 같다.
- C. 더 크다.
- D. 결정할 수 없다.

자유낙하 확인문제

질량이 5 kg인 쇠공과 10 kg인 쇠공이 정지상태에서 떨어진다.
5 kg의 쇠공이 10 m/s의 속력일 때, 10 kg의 쇠공의 속력은?

- A. 10 m/s보다 작다.
- B. 10 m/s이다.
- C. 10 m/s보다 크다.
- D. 결정할 수 없다.

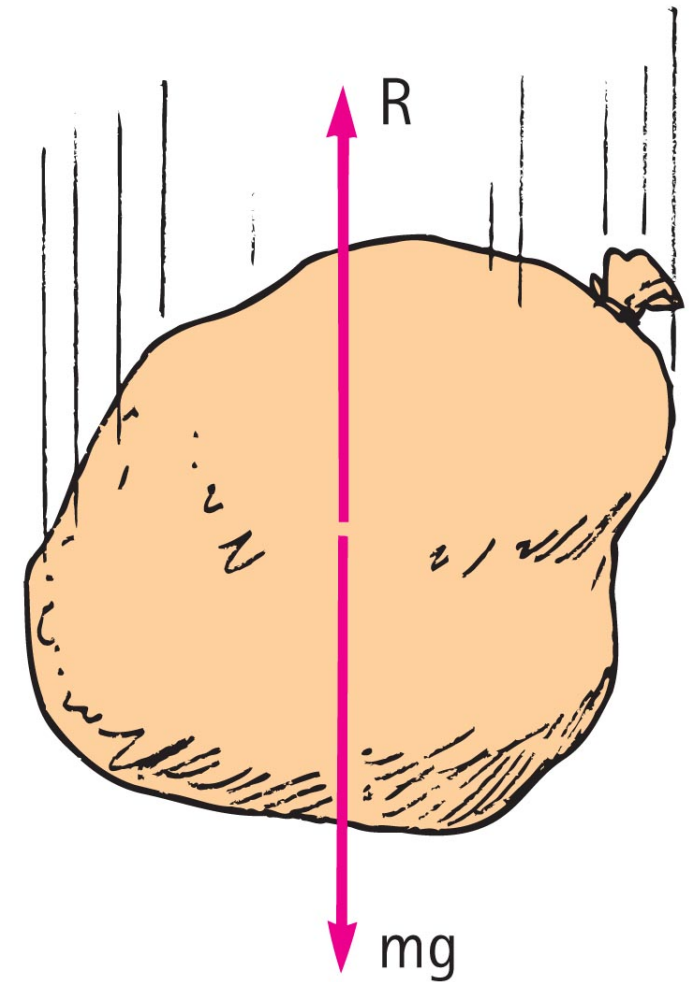
자유낙하 확인문제

질량이 5 kg인 쇠공과 10 kg인 쇠공이 정지상태에서 떨어진다.
5 kg의 쇠공이 10 m/s의 속력일 때, 10 kg의 쇠공의 속력은?

- A. 10 m/s보다 작다.
- B. 10 m/s이다.**
- C. 10 m/s보다 크다.
- D. 결정할 수 없다.

비자유낙하

- ▶ 공기 중에서 물체가 떨어질 때 작용하는 힘
 - 아래 쪽으로 작용하는 중력 (mg)
 - 위 쪽으로 작용하는 공기 끌림 힘 (R)



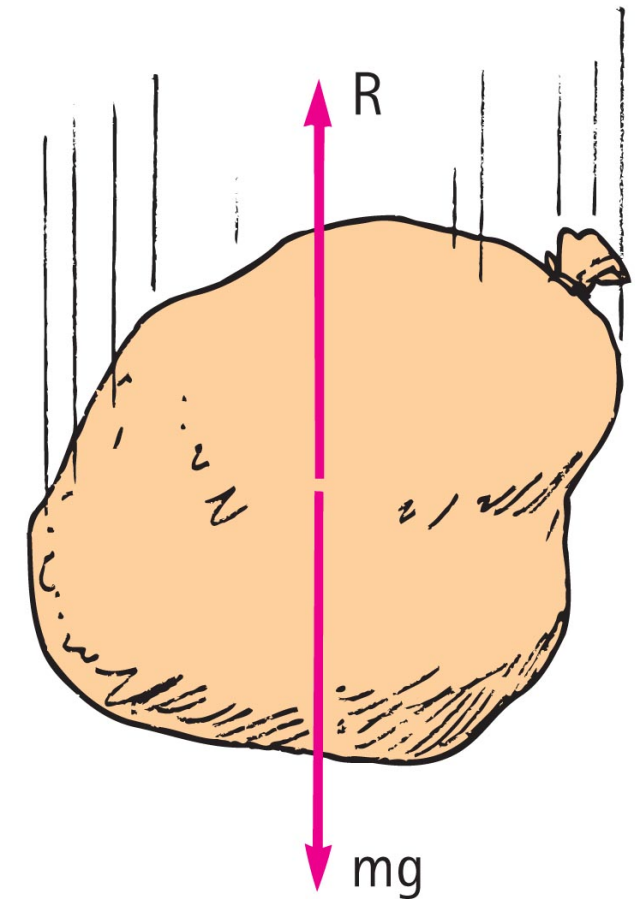
비자유낙하

▶ 비자유낙하

- 공기저항을 무시할 수 없는 경우
- 다음 두 가지 요인에 의존:
 - 낙하 물체의 **속력**
 - 낙하 물체의 **맞면적**

비자유낙하

- ▶ 물체가 충분히 빨리 떨어지게 되면, 공기 저항이 중력과 같아지게 된다.
- ▶ 그러면, 알짜힘이 0이 된다.
 - 더 이상 가속하지 않음
 - 속도는 변하지 않고 일정한 속도로 떨어지게 됨



비자유낙하

- ▶ 종단속력 (terminal speed)
 - 더 이상 가속하지 않을 때의 속력
→ 공기 저항이 무게와 같아져서 알짜힘이 0일 때
- ▶ 종단속도 (terminal velocity)
 - 종단속력에서 방향까지 포함

비자유낙하—예

- ▶ 스카이다이버가 낙하할 때
- ▶ 무게와 공기저항이 낙하하는 물체에 작용
- ▶ 낙하속력이 증가하면, 공기 끌림이 축적되고, 알짜힘은 줄어들게 되어 가속도가 작아진다.
- ▶ 공기저항이 다이버의 무게와 같아지면, 알짜힘은 0이되고 더 이상 가속하지 않게 된다.
- ▶ 다이버는 종단속도에 도달하게 되고, 그 후에는 일정한 속력으로 떨어지게 된다.

비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 공기저항은?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 공기저항은?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 알짜힘은?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 알짜힘은?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 가속도는?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

스카이다이버가 공기 중에서 빨리 떨어질 수록, 가속도는?

- A. 증가한다.
- B. 감소한다.
- C. 같게 유지된다.
- D. 정보가 충분하지 않다.



비자유낙하 확인문제

무거운 사람과 가벼운 사람이 같은 고도에서 같은 크기의 낙하산과 함께 점프한다고 하자. 누가 먼저 땅에 도착하는가?

- A. 가벼운 사람
- B. 무거운 사람
- C. 둘 다 동시에 땅에 도착
- D. 정보가 충분하지 않음

비자유낙하 확인문제

무거운 사람과 가벼운 사람이 같은 고도에서 같은 크기의 낙하산과 함께 점프한다고 하자. 누가 먼저 땅에 도착하는가?

- A. 가벼운 사람
- B. 무거운 사람
- C. 둘 다 동시에 땅에 도착
- D. 정보가 충분하지 않음

설명:

같은 속력일 때 끌림 힘은 둘 다 같다. 가벼운 사람보다 무거운 사람에게 작용하는 아래 방향의 중력이 더 크다. 중력과 같은 끌림 힘에 도달하기 위해서는 무거운 사람이 더 많이 떨어져야 하기 때문에 종단속도도 무거운 사람이 더 크다.

자유낙하와 비자유낙하

- ▶ 공기 중에서 동전과 깃털을 떨어뜨릴 때
 - 깃털은 매우 빠르게 종단속도에 도달하여 일정한 속력으로 떨어지게 된다. 그래서 동전보다 늦게 바닥에 도달한다.
 - 동전은 매우 빠르게 떨어지고 짧은 떨어지는 거리에서는 공기저항이 커지지 않는다. 그래서 깃털보다 동전이 훨씬 빨리 바닥에 떨어진다.



비자유낙하 확인문제

진공펌프로 공기를 제거하고 동전과 깃털을 떨어뜨릴 때, 다음 중 올바른 것은?

- A. 깃털이 동전보다 먼저 떨어진다.
- B. 동전이 깃털보다 먼저 떨어진다.
- C. 동전과 깃털이 동시에 떨어진다.
- D. 정보가 충분하지 않다.

비자유낙하 확인문제

진공펌프로 공기를 제거하고 동전과 깃털을 떨어뜨릴 때, 다음 중 올바른 것은?

- A. 깃털이 동전보다 먼저 떨어진다.
- B. 동전이 깃털보다 먼저 떨어진다.
- C. 동전과 깃털이 동시에 떨어진다.
- D. 정보가 충분하지 않다.

자유낙하와 비자유낙하

- ▶ 진공 중에서 동전과 깃털이 떨어지는 경우
 - 진공이기 때문에 공기가 없다.
 - 그래서 공기저항이 없다.
 - 동전과 깃털이 똑같이 떨어진다.



“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.”