

2

에너지와 열

- 01 일과 에너지
- 02 역학적 에너지와 열
- 03 에너지 효율

활주로에서 볼 수 있는 항공기 견인차는 항공유를 연소해 자기 질량의 100 배가 넘는 비행기를 밀거나 끄는 일을 한다. 항공기 견인차가 하는 일과 항공유를 연소하는 것 사이에는 어떤 관계가 있을까? 이 단원을 학습하면서 열과 일, 그리고 에너지 사이의 관계에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

단원 연계

- 중학교 과학 운동과 에너지
- 통합과학2 환경과 에너지
- 이 단원의 내용** 일·운동 에너지 정리, 역학적 에너지 보존, 열과 에너지 전환
- 역학과 에너지 시공간과 운동, 열과 에너지

성취 기준 확인

- 지식·이해** 일과 운동 에너지의 관계와 에너지 보존 법칙을 알고, 열에너지가 역학적 에너지로 전환될 때의 에너지 효율을 설명할 수 있다.
- 과정·기능** 에너지 전환과 보존을 바탕으로 하여 영구 기관이 불가능함을 논증할 수 있다.
- 가치·태도** 생활 속 다양한 현상을 열과 에너지 전환의 관점으로 바라보고, 에너지의 효율적 이용이 현대 기술 문명에서 중요하다는 것을 말할 수 있다.

스스로 계획

알고 있는 것에 표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 일	<input type="checkbox"/> 운동 에너지	<input type="checkbox"/> 위치 에너지
<input type="checkbox"/> 역학적 에너지	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 전도, 대류, 복사
<input type="checkbox"/> 물질의 상태 변화	<input type="checkbox"/> 에너지 효율	

나는 _____ 을/를 더 알고 싶다.

01

일과 에너지

학습 목표 | 일과 운동 에너지의 관계를 이해하고 위치 에너지와 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.

트램펄린을 이용하면 그냥 뛰어오를 때보다 더 높게 올라갈 수 있다. 그 까닭은 무엇일까? 과학에서의 일과 관련지어 생각해 보자.



연계 중학교 과학

일, 운동 에너지, 중력에 의한 위치 에너지에 대해 배웠다.

물체에 힘이 작용해 물체가 힘과 나란한 방향으로 이동할 때 물체에 작용한 힘이 **일**을 한다고 한다. 그림 I-28과 같이 힘이 한 일 W 는 힘의 크기 F 와 힘과 나란한 방향으로 이동한 거리 s 의 곱으로 나타낸다.

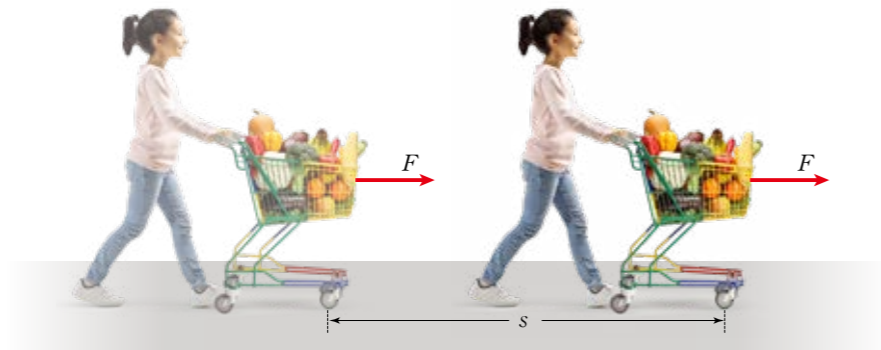


그림 I-28 힘이 한 일

$$W = Fs \text{ [단위: J(줄)]}$$

1 J의 크기

1 J은 1 N의 힘이 물체에 작용해 물체가 힘의 방향으로 1 m 이동했을 때 한 일의 양이다. 따라서 1 J은 1 N·m와 같다.

일과 운동 에너지

그림 I-29와 같이 A점에서 속도 v_A 로 운동하는 질량 m 인 물체에 운동 방향으로 일정한 알짜힘 F 가 작용해 물체가 s 만큼 떨어진 B점까지 이동했을 때 물체의 속도는 v_B 이다.

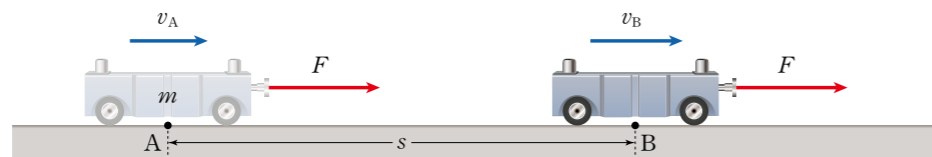


그림 I-29 알짜힘이 한 일과 운동 에너지

물체의 가속도를 a 라고 하면, 물체가 s 만큼 이동하는 동안 F 가 물체에 한 일 $W = Fs = mas$ 이다. 이 식에 등가속도 운동의 식 $2as = v_B^2 - v_A^2$ 을 적용하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W = mas = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

위 식에서 $\frac{1}{2}mv_B^2$, $\frac{1}{2}mv_A^2$ 은 각각 B와 A에서의 운동 에너지이다. 즉, 알짜힘이 물체에 한 일 W 만큼 물체의 운동 에너지 E_k 가 변한다. 이를 **일·운동 에너지 정리**라고 한다. 물체에 일을 하면 물체의 에너지가 증가하며, 반대로 에너지를 가진 물체는 일을 할 수 있다.

에너지의 단위
에너지의 단위로 일의 단위와 같은 J을 사용한다.

중력에 의한 위치 에너지

그림 I-30의 (가)와 같이 추를 높은 곳으로 이동하려면 추를 들어 올리는 일을 해야 한다. 그리고 그림 (나)와 같이 높은 곳으로 이동한 추는 말뚝을 박는 일을 할 수 있다. 이렇게 높은 위치에 있는 물체는 일을 할 수 있는 능력, 즉 에너지를 갖는다. 이 에너지를 **중력에 의한 위치 에너지**라고 한다.



그림 I-30 높은 곳으로 들어 올린 추가 낙하해 말뚝을 박는 일을 하는 모습

중력 가속도를 g 라고 할 때, 그림 I-31과 같이 질량 m 인 물체를 일정한 속도로 들어 올리는 일을 하려면 중력과 같은 크기의 힘 F 를 작용해야 한다. 물체를 기준면으로부터 높이 h 만큼 들어 올릴 때 힘이 한 일 $W = Fs = mgh$ 이고, 이 일은 중력에 의한 위치 에너지 E_p 로 저장된다. 즉, 중력에 대해 일을 하면 그만큼 중력에 의한 위치 에너지가 변한다.

$$E_p = mgh \text{ [단위: J]}$$

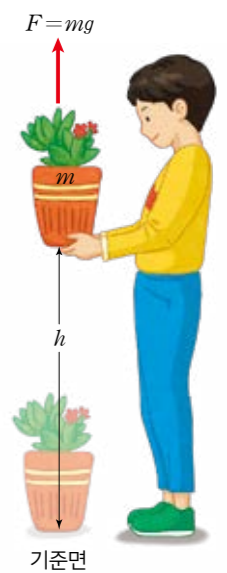


그림 I-31 물체를 들어 올려 중력에 대해 일을 하는 모습

탄성력에 의한 위치 에너지

그림 I-32와 같이 용수철에 매달린 물체에 힘을 작용해 용수철의 길이를 변형했다. 변형된 용수철은 원래 길이로 돌아가려고 하는 힘인 탄성력을 물체에 작용한다. 따라서 변형된 용수철에 매달린 물체는 일을 할 수 있는 능력, 즉 에너지를 갖는다. 이 에너지를 **탄성력에 의한 위치 에너지**라고 한다.

물체를 일정한 속도로 잡아당겨 용수철의 길이를 변형하려면 변형한 길이 x 에 비례하는 힘 F 를 작용해야 한다. 따라서 힘 F 의 크기와 용수철을 변형한 길이의 관계는 그림 I-32의 그래프와 같고, 이를 통해 F 가 한 일을 구하면 $W = \frac{1}{2}kx^2$ 이다.

탄성력의 크기와 방향

탄성력 $F_{\text{탄성}}$ 의 크기는 변형한 길이 x 에 비례하고, 방향은 변형한 방향과 반대이다.

$$F_{\text{탄성}} = -kx$$

비례 상수 k 는 용수철 상수로 용수철의 재질이나 굵기, 길이 등에 따라 달라질 수 있다.

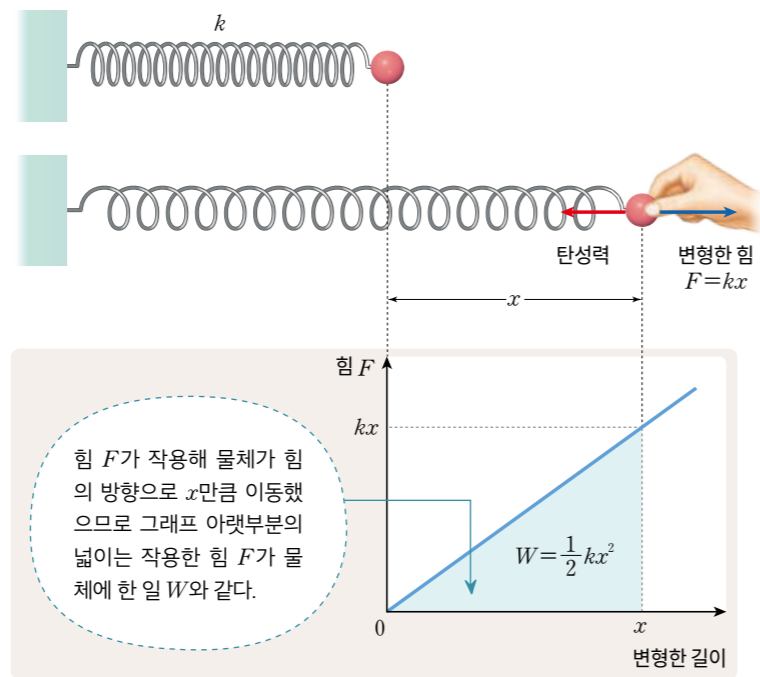


그림 I-32 탄성력에 대해 한 일

힘 F 가 한 일은 탄성력에 의한 위치 에너지 E_p 로 저장된다. 즉, 탄성력에 대해 일을 하면 그만큼 탄성력에 의한 위치 에너지가 변한다.

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \text{ [단위: J]}$$

스스로 확인

- 1 알짜힘이 물체에 한 일만큼 물체의 ()은/는 증가한다.
- 2 중력에 의한 위치 에너지는 기준면으로부터의 높이에 비례한다. (○, ×)
- 3 탄성력에 의한 위치 에너지는 용수철을 변형한 길이에 반비례한다. (○, ×)

역학적 에너지 보존

물체가 중력이나 탄성력을 받으며 운동할 때 물체는 운동 에너지와 위치 에너지를 동시에 갖기도 한다. 이때 물체의 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 물체의 **역학적 에너지**라고 한다.

물체가 중력만 받으며 운동할 때 역학적 에너지는 어떻게 될까? 그림 I-33과 같이 기준면으로부터 높이 h 인 곳에서 가만히 놓은 질량 m 인 물체가 중력 가속도 g 로 낙하하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘은 중력 mg 와 같다.

물체가 높이 h_1, h_2 인 두 지점을 통과할 때 속도가 v_1, v_2 라면, 일·운동 에너지 정리에 따라 물체가 두 지점을 이동하는 동안 중력이 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가한다.

$$W = Fs = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

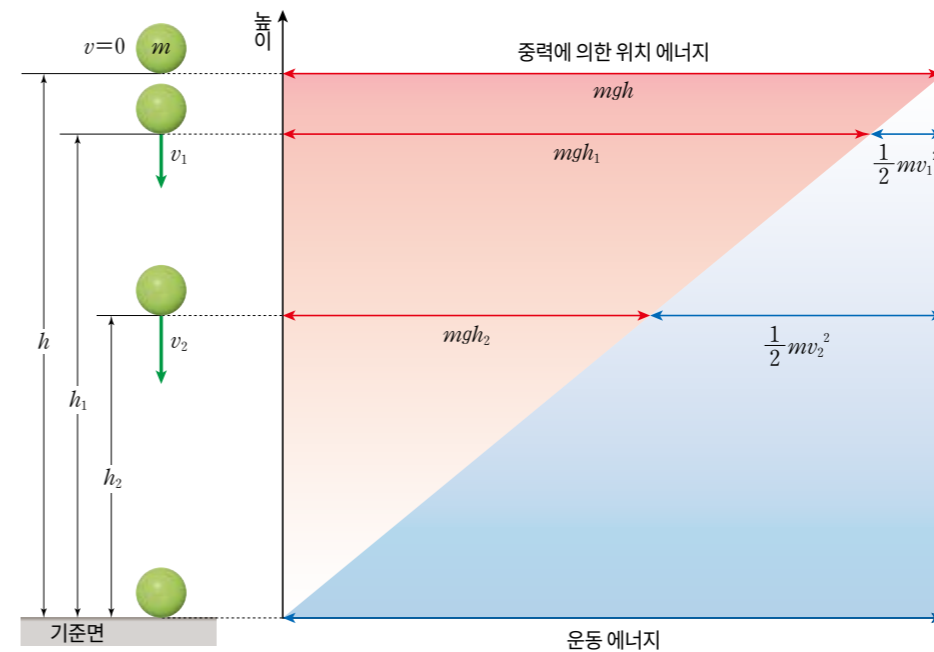


그림 I-33 자유 낙하 운동을 하는 물체의 중력에 의한 역학적 에너지 보존

이는 마찰이나 공기 저항이 없을 때 중력만 받아 운동하는 물체의 역학적 에너지는 높이에 관계없이 일정하게 보존된다는 것을 뜻한다. 이와 같이 위치 에너지와 운동 에너지는 운동하는 동안 서로 전환될 수 있지만 그 합인 역학적 에너지는 항상 일정한 값으로 보존되는 것을 **역학적 에너지 보존 법칙**이라고 한다.

연계 중학교 과학

자유 낙하 운동을 하는 물체의 역학적 에너지 전환과 보존에 대해 배웠다.

연계 역학과 에너지

역학적 에너지 보존을 포물선 운동과 인공위성의 운동에 적용하는 것을 '시공간과 운동' 단원에서 배운다.