

Chapter 8: Potential Energy and Conservation of Energy — 연습문제

문제 1 [계산]

질량 $m = 2.0 \text{ kg}$ 인 공을 지면에서 초기 속도 $v_0 = 15 \text{ m/s}$ 로 수직 위로 던졌다. 공기 저항은 무시한다.

- 공이 도달하는 최대 높이 h 를 에너지 보존법칙을 이용하여 구하시오.
 - 지면에서 높이 $y = 5.0 \text{ m}$ 인 지점에서 공의 속력을 구하시오.
 - 기준점($y = 0$)을 지면이 아닌 최대 높이 지점으로 설정할 경우, 지면에서의 중력 퍼텐셜 에너지 U 는 얼마인가? 이 선택이 (a)의 답에 영향을 주는지 논하시오.
-

문제 2 [개념+유도]

보존력(conservative force)과 비보존력(nonconservative force)에 대해 답하시오.

- 보존력의 정의를 닫힌 경로(closed path)에서의 일(work)을 이용하여 서술하시오.
 - 중력과 용수철 힘이 보존력인 이유를 경로 독립성의 관점에서 각각 설명하시오.
 - 운동 마찰력이 비보존력인 이유를 에너지 전환의 관점에서 설명하시오.
 - 보존력 $F(x)$ 와 퍼텐셜 에너지 $U(x)$ 사이의 관계식을 유도하시오. (힌트: $\Delta U = -W$ 와 $W = \int F(x) dx$ 를 이용)
-

문제 3 [계산]

용수철 상수 $k = 500 \text{ N/m}$ 인 수평 용수철의 한쪽 끝에 질량 $m = 0.50 \text{ kg}$ 인 블록이 연결되어 있다. 마찰이 없는 수평면 위에서 용수철을 자연 길이로부터 $x_0 = 0.10 \text{ m}$ 만큼 압축한 뒤 블록을 놓았다.

- 블록이 놓이는 순간 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지를 구하시오.
 - 블록이 자연 길이 위치($x = 0$)를 지날 때의 속력을 구하시오.
 - 블록이 자연 길이로부터 $x_1 = 0.050 \text{ m}$ 만큼 늘어난 위치를 지날 때의 속력을 구하시오.
-

문제 4 [계산]

질량 $m = 5.0 \text{ kg}$ 인 상자가 높이 $h = 3.0 \text{ m}$ 인 경사면 꼭대기에서 정지 상태로 놓여 있다. 경사면과 상자 사이의 운동 마찰 계수는 $\mu_k = 0.30$ 이고, 경사각은 $\theta = 30^\circ$ 이다.

- 상자가 경사면 바닥에 도달했을 때의 속력을 구하시오.
 - 경사면을 따라 미끄러지는 동안 마찰에 의해 열에너지(ΔE_{th})로 전환된 에너지를 구하시오.
 - 만약 마찰이 없다면 바닥에서의 속력은 얼마인지 구하고, (a)의 결과와 비교하시오.
-

문제 5 [유도]

질량 m 인 물체가 높이 h 인 곳에서 정지 상태로 마찰 없는 경사면을 따라 미끄러져 내려온 뒤, 수평면에서 용수철 상수 k 인 용수철과 충돌한다. 수평면도 마찰이 없다고 가정한다.

- (a) 역학적 에너지 보존법칙을 적용하여, 용수철의 최대 압축량 d 를 m, g, h, k 로 나타내시오.
 - (b) 용수철이 최대 압축된 상태에서 물체의 속력은 얼마인가? 그 이유를 설명하시오.
 - (c) 만약 수평면에 운동 마찰 계수 μ_k 의 마찰이 있고, 물체가 경사면 바닥에서 용수철까지의 수평 거리 L 을 이동한다면, 최대 압축량 d 를 구하는 식을 세우시오. (단, 용수철이 압축되는 구간에서도 마찰이 작용한다.)
-

문제 6 [계산]

어떤 입자가 x 축을 따라 운동하며, 계의 퍼텐셜 에너지가 다음과 같이 주어진다:

$$U(x) = 4x^2 - 2x^3 \quad (\text{단위: } U \text{는 J, } x \text{는 m})$$

- (a) $x = 1.0$ m에서 입자에 작용하는 힘 $F(x)$ 를 구하시오.
 - (b) 이 퍼텐셜 에너지 함수의 평형점(equilibrium points)을 구하시오.
 - (c) 각 평형점이 안정 평형(stable equilibrium)인지 불안정 평형(unstable equilibrium)인지 판별하시오.
-

문제 7 [계산]

질량 $m = 4.0$ kg인 물체에 수평 방향으로 일정한 외력 $F = 20$ N을 가하여, 마찰이 있는 수평면 위에서 $d = 6.0$ m를 이동시켰다. 물체의 초기 속력은 $v_0 = 2.0$ m/s이고, 나중 속력은 $v = 5.0$ m/s이다.

- (a) 외력이 한 일 W 를 구하시오.
- (b) 물체의 운동 에너지 변화 ΔK 를 구하시오.
- (c) 마찰에 의해 열에너지로 전환된 에너지 ΔE_{th} 를 구하시오.
- (d) 운동 마찰 계수 μ_k 를 구하시오.