식 16.10에 주어진 파동 함수는 $x = 0$, $t = 0$에서 매질 요소의 위치 y가 영이라고 가정한 것이지만, 일반적으로 그럴 필요는 없다. 이런 경우, 일반적인 형태의 파동 함수는 다음과 같이 표현한다.

사인형 파동의 일반적인 식 ▶

$$y(x, t) = A \sin (kx - \omega t + \phi) \tag{16.13}$$

여기서 ϕ는 15장의 주기 운동에서 배운 **위상 상수**(phase constant)로서, 처음 조건에 의하여 결정된다. 진행파 분석 모형의 수학적인 표현에서 주요한 식은 식 16.3, 16.10, 16.12이다.

퀴즈 16.2 진동수 f인 사인형 파동이 팽팽한 줄을 따라서 이동한다. 이 진동을 멈춘 다음 두 번째로 진동수 $2f$인 파동을 만든다. **(i)** 두 번째 파동의 속력은 얼마인가? (a) 첫 번째 파동의 두 배 (b) 첫 번째 파동의 1/2 (c) 첫 번째 파동과 같음 (d) 알 수 없다. **(ii)** 동일한 상황에서 두 번째 파동의 파장에 대하여 설명하라. **(iii)** 동일한 상황에서 두 번째 파동의 진폭에 대하여 설명하라.

예제 16.2 진행하는 사인형 파동

$+x$ 방향으로 진행하는 사인형 파동이 있다. 진폭이 15.0 cm, 파장이 40.0 cm, 진동수가 8.00 Hz이며, $t = 0$과 $x = 0$에서 매질 요소의 수직 위치는 그림 16.9와 같이 15.0 cm이다.

(A) 파수 k, 주기 T, 각진동수 ω 및 파동의 속력 v를 구하라.

풀이

개념화 그림 16.9에 $t = 0$일 때의 파동이 나타나 있다. 파동이 모양을 그대로 유지하면서 오른쪽으로 이동한다고 상상해 보자.

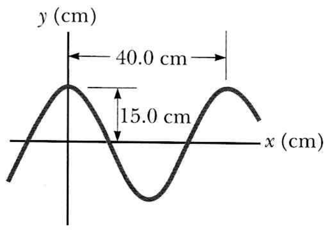

그림 16.9 (예제 16.2) 파장 $\lambda = 40.0$ cm, 진폭 $A = 15.0$ cm인 사인형 파동

분류 문제를 읽어 보면, 매질을 통하여 이동하는 역학적 파동을 분석하는 것이므로, **진행파** 모형의 문제로 분류한다.

분석 식 16.8로부터 파수를 계산한다.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi \text{ rad}}{40.0 \text{ cm}} = 15.7 \text{ rad/m}$$

식 16.3으로부터 파동의 주기를 계산한다.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8.00 \text{ s}^{-1}} = 0.125 \text{ s}$$

식 16.9로부터 파동의 각진동수를 계산한다.

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(8.00 \text{ s}^{-1}) = 50.3 \text{ rad/s}$$

식 16.12로부터 파동 속력을 계산한다.

$$v = \lambda f = (40.0 \text{ cm})(8.00 \text{ s}^{-1}) = 3.20 \text{ m/s}$$

(B) 위상 상수 ϕ와 파동 함수를 구하라.

풀이

$A = 15.0$ cm, $y = 15.0$ cm, $x = 0$ 그리고 $t = 0$을 식 16.13에 대입한다.

$$15.0 = (15.0) \sin \phi \rightarrow \sin \phi = 1 \rightarrow \phi = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

파동 함수를 쓴다.

$$y(x, t) = A \sin \left(kx - \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = A \cos (kx - \omega t)$$

A, k, ω의 SI 단위 값을 이 식에 대입한다.

$$y(x, t) = 0.150 \cos (15.7x - 50.3t)$$

결론 결과를 주의깊게 보고 여러분이 잘 이해하고 있는지를 확인하라. 위상각이 영이면, 그림 16.9는 어떻게 달라지는가? 진폭이 30.0 cm이면 그림은 어떻게 달라지는가? 파장이 10.0 cm이면 그림은 어떻게 달라지는가?