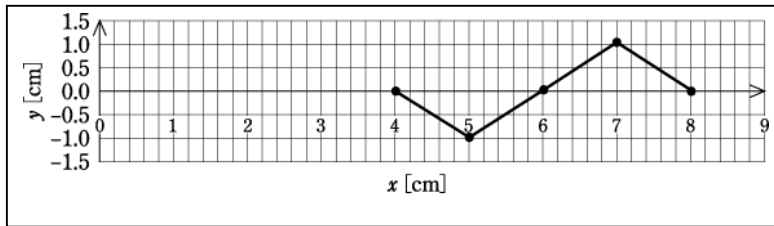


9章 問題解答

9-1 演習問題

1.



2.

$$v = f \cdot \lambda = \lambda / T \quad \text{より,} \quad v = 6/2 = 3\text{m/s} \quad (\text{答})$$

3.

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{より, 電子レンジの場合は, } \lambda = \frac{3.0 \times 10^8}{2.45 \times 10^9} = 0.122\text{m} \doteq 12\text{cm} \quad (\text{答})$$

$$\text{携帯電話に使用されている波長は, } \lambda = \frac{3.0 \times 10^8}{1.9 \times 10^9} = 0.158\text{m} \doteq 16\text{cm} \quad (\text{答})$$

4.

点Pまでの時間は、 $\Delta x / v = \Delta t$ と示される。したがって、 $(12-4)/4.0 = 2.0\text{s}$ (答)

また、この波を表す式は、 $y = 4 \sin \frac{2\pi}{T} (t - \frac{x}{v})$ である。変位 y が -4.0 になるには、

$\sin \frac{2\pi}{T} (t - \frac{x}{v}) = -1$ になればよい。図より、 $\lambda = 4\text{cm}$ 、また、 $v = f\lambda = \frac{\lambda}{T} = 4.0\text{cm/s}$ より、

$f = 1\text{Hz}$ 。したがって、 $T = 1\text{s}$ 。

$$2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = \frac{3}{2}\pi \text{ に } T = 1\text{s}, \lambda = 4\text{cm}, x = 12 - 4 \text{ を代入すると,}$$

$$2\pi (t - 2) = \frac{3}{2}\pi$$

$$t = 2.75\text{s}$$

したがって、 $t = 2.8\text{s}$ 後。(答)

5.

$$y = 4 \sin 2\pi(10t - 0.5x) \quad (\text{答})$$

6.

$$y = 4 \sin 2\pi(10t + 0.5x) \quad (\text{答})$$

7.

最初の波の周期は 1s である。同じ時間で2回繰り返すので、周期は $1/2 = 0.5\text{s}$ になる。また、ロープの振り幅は同じであるので、振幅は変わらない。したがって、振

幅は同じで、 $T = 0.5 \text{ s}$ 、波長はもとの波の半分の波になる。

8.

振幅 0.2 m 周期 4 s 波長 0.8 m 波の速度 0.2 m/s

9.

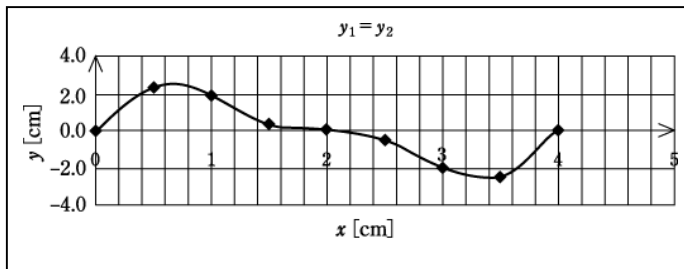
震源までの距離を L とする。P 波の速度を v_p 、S 波の速度を v_s とすれば、 $L = v_p \times t_1$ 、 $L = v_s \times t_2$ である。よって、 $t_1 = L/v_p$ 、 $t_2 = L/v_s$ であるから、 $\Delta t = t_2 - t_1 = L(\frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p}) = 10 \text{ s}$ ゆえに、 $L = 75 \text{ km}$ (答)

10.

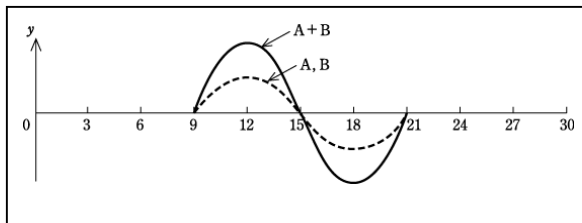
$v = f \times \lambda$ より、 $\lambda = 345/440 = 69/88 = 0.784 \text{ m}$ (答)

9-2 演習問題

1.



2.



3.

右方向へ進む波の式 $y_1 = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{8} - \frac{x}{4} \right)$

左方向へ進む波の式 $y_2 = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{8} + \frac{x}{4} \right)$

$$y = y_1 + y_2 = 4 \sin \frac{2\pi}{8} t \cdot \cos \frac{2\pi}{4} x = 4 \cos \frac{2\pi}{4} x \cdot \sin \frac{2\pi}{8} t = 4 \cos \frac{\pi}{2} x \cdot \sin \frac{\pi}{4} t \quad (\text{答})$$

4.

振幅 $A = 4 \text{ m}$ 、周期 $T = 8 \text{ s}$ 、 $\lambda = 4 \text{ m}$

5.

点 R におけるそれぞれの波の振動のようすは、

$$y_P = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y_Q = 2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2x}{\lambda} \right)$$

である。したがって、 $y = y_P + y_Q$ より、合成波は

$$y = 4 \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{3\pi x}{\lambda} \right) \cos \frac{\pi x}{\lambda} \quad (\text{答})$$

6.

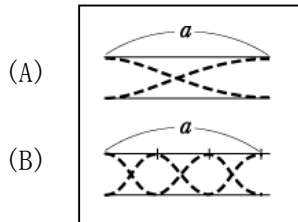
$$v = f \times \lambda \text{ より, } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{S}{\rho}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4 \times 10}{1.0 \times 10^{-5}}} = 1 \times 10^3 \text{ Hz} \quad (\text{答})$$

ただし、 $\lambda = \frac{2L}{n}$ である。

7.

$$f' = 2f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{S}{\rho}} \times 4 \text{ より, } 4 \text{ 倍にすればよい。} (\text{答})$$

8.



はじめ、管内の定常波は上図(A)。

$$\frac{\lambda}{2} = a$$

$$\lambda = 2a$$

したがって、 $v = 2af$

$\frac{1}{3}a$ の位置を開放したときは上図(B)。

$$\frac{3}{2}\lambda' = a$$

$$\lambda' = \frac{2}{3}a$$

$v = f'\lambda'$ より

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{3v}{2a} = \frac{3}{2a} \times 2af = 3f$$

したがって、振動数は3倍に変わった。(答)

9.

光の波長 λ ，スリットの間隔を d ，スリットからスクリーンまでの距離を L ，干渉縞の間隔を x とすると，二つのスリットから回折した光の光路差（この場合は，それぞれの光がスリットから出てスクリーンに到達するまでに進んだ距離の差）が明るくなるためには， $m\lambda = \frac{dx}{L}$ の関係がある（ただし， $m=0, 1, 2, \dots$ ）。いま，スクリー

ンまでの距離を $\frac{L}{2}$ にしたので，上記の式から干渉縞の間隔は $x' = \frac{1}{2}x$ になる。（答）

10.

$$v = f \times \lambda \text{ より, } f = \frac{v}{\lambda} \quad f' = 2.9f = \frac{v'}{\lambda}$$

したがって， $v' = 2.9f \times \lambda = 2.9 \times 340 = 986 \text{m/s}$ （答）

9-3 演習問題

1.

$$n = \frac{\sin i}{\frac{3}{4} \sin i} = \frac{v}{v'}$$

ただし， $\sin i = i$ であるならば，はぼ $v' = \frac{3}{4}v$ となる。

したがって， $v' = \frac{3}{4}v$ （答）

2.

最初に入射した媒質 A における入射角を θ_1 ，媒質 B での屈折角を θ_2 ，最後に入射した媒質 A における屈折角を θ_3 とする。

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} = \frac{n_3}{n_2}$$

であり， $n_1 = n_3$ （媒質は同じ）より

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

となる。したがって， $\theta_3 = \theta_1$ となり，媒質 B→媒質 A における屈折角 θ_3 は入射光 θ_1 と平行になる。角度は入射光 θ_1 と同じ。（答）

3.

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{589 \times 10^{-9}}{\lambda_2} = 1.456$$

したがって，

$$\lambda_2 = \frac{589 \times 10^{-9}}{1.456} = 405 \times 10^{-9} \text{m} \quad (\text{答})$$

4.

屈折角 $\theta = \alpha + \beta$ (答)

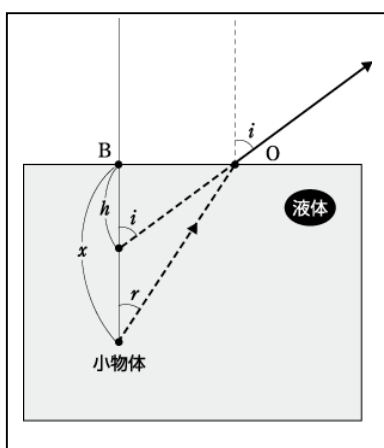
5.

実際に小物体がある位置までの距離を x とする。光の進む方向は、図のように示される。

$$\tan i = \frac{OB}{h}, \quad \tan r = \frac{OB}{x}$$

であるから、

$$OB = h \tan i = x \tan r$$



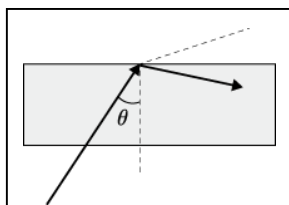
ゆえに、

$$x = h \frac{\tan i}{\tan r} \quad (\text{答})$$

6.

光がガラス内面から外に出ないための臨界角は、

$$\sin \theta = \frac{1}{1.56} \quad \theta \geq 39^\circ 52'$$



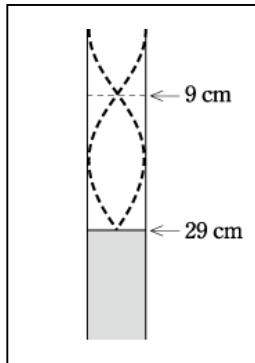
7.

ラジオ放送の周波数帯は 535~1605Hz, テレビ放送の周波数帯は 90MHz~770MHz である。よって、ラジオ放送のほうが波長が大きい。回折現象は波長が大きい方が効果が大きいため、ビル(障害物)の近くではラジオ放送のほうが受信しやすい。(答)

8.

$$d \sin \theta = m\lambda \text{ より, } \lambda = \frac{d \sin \theta}{m} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 5.81 \times 10^{-2}}{1} = 5.81 \times 10^{-7} \text{ m} \quad (\text{答})$$

9.



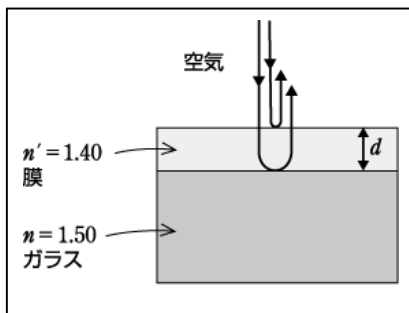
図より、共鳴点から共鳴点までは、 $\frac{1}{2}\lambda$ の関係がある。したがって、

$$\frac{1}{2}\lambda = (29.0 - 9.0)$$

ゆえに $\lambda = 40 \text{ cm}$ (答)

$$v = f \cdot \lambda = 850 \times 40 \times 10^{-2} = 340 \text{ m/s} \quad (\text{答})$$

10.



膜の表面で反射した光とガラスと膜の界面で反射した光の干渉を考える。それぞれの媒質の屈折率の関係を考えると、干渉している双方の光による位相のずれは生じない（空気 $< n'$ 、 $n' < n$ より）。

光路差は、膜の厚さを d とすれば、膜の屈折率を考えると

$$2n'd = 2 \times 1.40 \times d = 2.8d$$

となる。したがって、

$$2.8d = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

したがって

$$d = 0.36 \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad m = 1, 2, \dots \quad (\text{答})$$