

11th Physics 7 : Waves 波 問題

2014-15

1. Waves
Wave Motion 波動
Water Waves 水面波
Medium 媒質
Source 波源
Ripple 波紋
Pulse パルス波
Periodic Waves 連続波
Crest 山
Trough 谷

2. Wavelength 波長
Amplitude 振幅
Period 周期
Frequency 振動数

3. Displacement 変位
Phase 位相
In identical phase 同位相
In opposite phase 逆位相

4. Transverse Wave 横波
Longitudinal Wave 縦波、疎密波

5. Superposition 重ね合わせ
Independency (波の) 独立性
Interference 干渉
Interfere Constructively 強め合う干渉
Interfere Destructively 打ち消しあう干渉
Standing Wave 定常波
Traveling Wave 進行波
Node 節
Antinode 腹
Free Edge 自由端
Fixed Edge 固定端

6. Huygens's Principle ホイヘンスの原理
Wave Front 波面
Plane Wave 平面波
Spherical Wave 球面波
Elementary Wave 素元波
Surface Envelope 包絡面

Diffraction 回折

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Speed } v = \frac{\text{WaveLength}}{\text{Period}} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

$$\text{Superposition } y = y_1 + y_2$$

$$|l_1 - l_2| = m\lambda = 2m \times \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

$$|l_1 - l_2| = m\lambda + \frac{1}{2}\lambda = (2m + 1) \times \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

$$n_{1 \rightarrow 2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Reflection	反射
Reflection Angle	反射角
Law of Reflection	反射の法則
Normal	法線
Incidence Angle	入射角
Refraction	屈折
Refraction Angle	屈折角
Refractive Index	屈折率
Relative Refractive Index	相対屈折率

1 Propagation of Waves 波の伝わり

[Q1] Describe various kinds of waves. いろいろな波を挙げよ。

[Q2] Explain about Wave, Wave Motion, Medium and Source in the ripple on the surface of water.

水面の波について、波、波動、媒質、波源を説明せよ。

[Q3] Explain about Crest, Trough, Pulse Wave and Periodic Waves in the wave on a string, and in the wave machines.

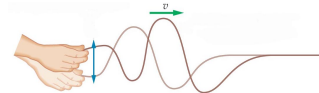
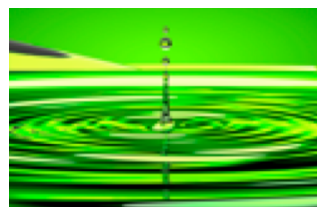
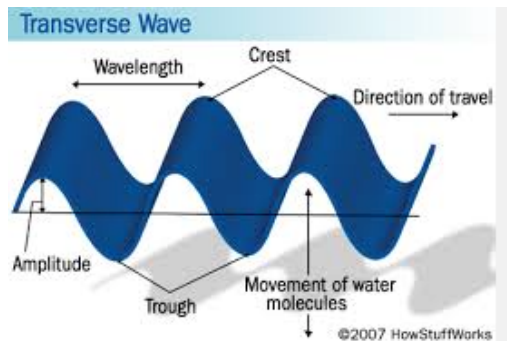
ひもの波について、山、谷、パルス波、連続波について説明せよ。ウェーブマシンについても同様に説明せよ。



Wave Machine (Transverse)



Wave Machine (Longitudinal)



[Q4] A periodic wave travels through a rope, as shown in Fig. 4. As the wave travels, what is transferred between points A and B?

(1) mass only, (2) energy only, (3) both mass and energy, (4) neither mass nor energy (PS-173)

図に示したような連続波がある。波が進むとき点 A と点 B の間では何が伝わるか。

(1) 物質のみ、(2) エネルギーのみ、(3) 物質とエネルギーの両方、(4) 物質もエネルギーも伝わらない。

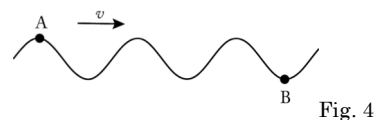


Fig. 4

2 Quantities Expressing Periodic Waves 連続波を表すいろいろな量

[Q6] Which wave diagram has both wavelength (λ) and amplitude (A) labeled correctly?

右の図で、波長(λ)と振幅(A)を正しく示しているのはどれか。

[Q7] Fig. 4 shows a wave traveling toward the positive x direction. Find the amplitude and wave length of the wave.

図は、x 軸の正の向きに進む波である。この波の振幅、波長を求めよ。

[Q8] The reciprocal of the frequency of a periodic wave is the wave's

(1) period, (2) amplitude, (3) intensity, (4) speed

連続波の振動数の逆数は、その波の

(1) 周期、(2) 振幅、(3) 強度、(4) 速さ

[Q9] There is a wave where its speed is 6.0 m/s and the vibration period of the medium is 0.50 s. Find the wave length of the wave.

速さが 6.0 m/s、媒質の振動の周期が 0.50 秒の波がある。波長はいくらか。

[Q10] There is a wave where its wave length and frequency are 4.0 m and 8.0 Hz, respectively. Find the speed of the wave.

波長が 4.0 m、振動数が 8.0 Hz の波がある。速さはいくらか。

[Q11] Sound waves travel in air with a speed of 343 m/s. The lowest frequency sound we can hear is 20.0 Hz; the highest frequency is 20.0 kHz.

Find the wavelength sound for frequencies of 20.0 Hz and 20.0 kHz.

音波が空気中を伝わる速さは 343 m/s である。人間に聴くことが可能な音波の最低の振動数は 20.0 Hz で、最高の振動数は 20.0 kHz である。20.0 Hz と 20.0 kHz の振動数の音波の波長を求めよ。

[Q12] Periodic waves are produced by a wave generator at the rate of one wave every 0.50 seconds. What is the period of the wave?

0.5 秒に 1 回の割合で連続波が生じている。この波の周期はいくらか。

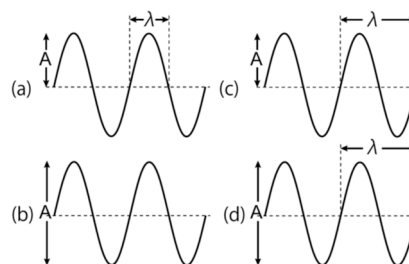


Fig. 6

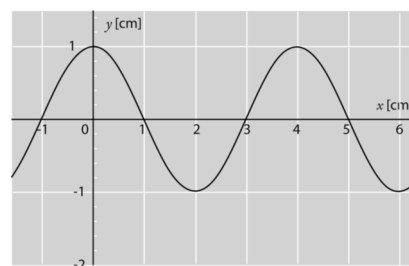


Fig. 7

3. Graphs of Transverse Waves 横波のグラフ

[Q14] Find the displacement of the medium at the points, A, B and C.

図で、媒質の点 A、点 B、点 C での変位はいくらか。(I-58)

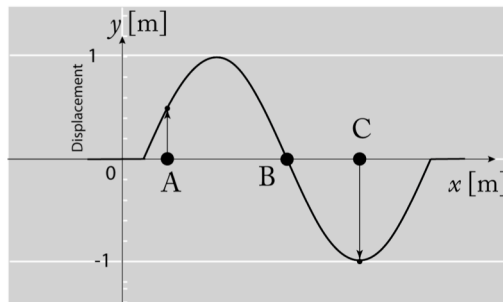


Fig.14

[Q15] Fig. 15 shows a water wave moving in the direction shown by velocity vector v . At the instant shown, a cork at point P on the water's surface is moving toward (a) A, (b) B, (c) C, (d) D (PS-173) Fig. 15 は速さ v で進む水面波である。水面に浮かぶコルク P は次の瞬間 A, B, C, D のどの向きに動くか。

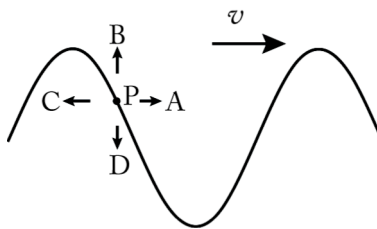


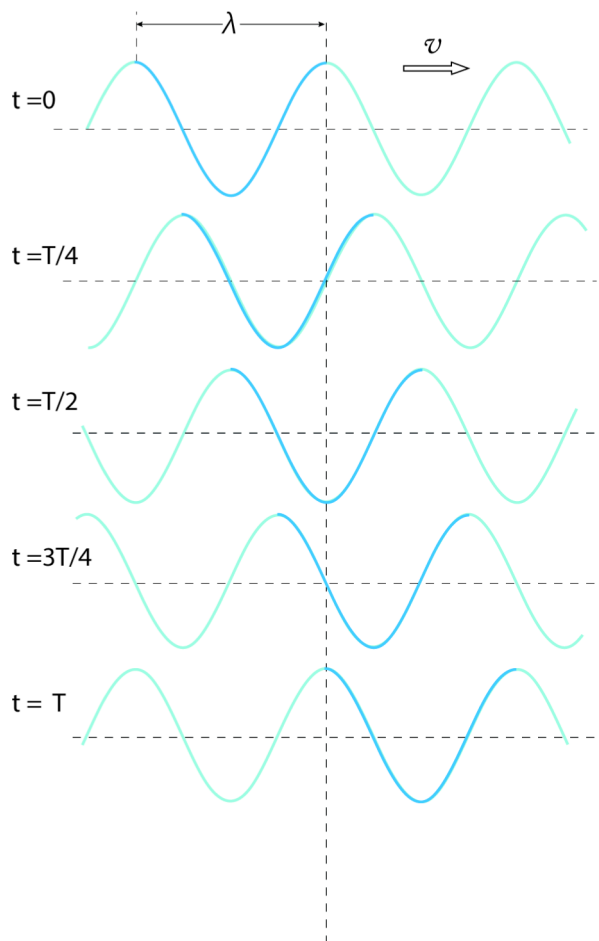
Fig. 15

[Q] A wave repeats over a distance equal to the wavelength, λ . The time necessary for a wave to move one wavelength is the period, T. Thus, the speed of a wave is

$$v = \frac{\lambda}{T} = f \lambda$$

連続波は波長 λ の距離ごとに繰り返す。また、1 波長の波に必要な時間は周期 T である。したがって、波の速さは、

$$v = \frac{\lambda}{T} = f \lambda$$



[Q16] Fig. 16 shows a periodic wave with a wavelength of 2.0 m moving toward positive x at the speed of 4.0 m/s. The points, A to F, represent media.

- (1) Which direction the point B is moving in?
- (2) Find the points that are in identical phase with the point B.
- (3) Find the points that are in opposite phase with the point B.
- (4) How long does it take for the phase of the point B to transfer to the point D.
- (5) Find the period of this wave.

Fig. 16 の波は、波長 2.0 m、 x 軸の正の向きに速さ 4.0 m/s で進んでいる。点 A~F は媒質である。(I-60)

- (1) 点 B は、どちらの向きに運動しているか。
- (2) 点 B と同位相の点はどれか。
- (3) 点 B と逆位相の点はどれか。
- (4) 点 B の位相が点 D に伝わる時間はいくらか。
- (5) この波の周期はいくらか。

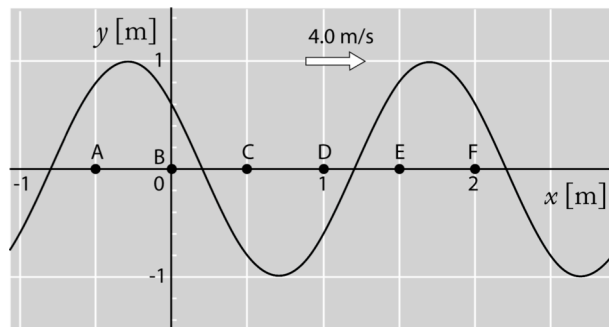


Fig.16

(Q17) In Fig. 17, the solid and broken lines represent the wave at $t=0$ s and $t=0.50$ s, respectively. Find the followings:

Fig. 17 は、時刻 $t=0$ s のときの波を実線で、 $t=0.50$ s のときの波を破線で示した。次を求めよ。(I-81)

- (1) Wavelength 波長
- (2) Amplitude 振幅
- (3) Period 周期
- (4) Frequency 振動数
- (5) Speed 速さ
- (6) The location where the speed of vibration is zero at $t=0$. $t=0$ のとき、振動の速さが 0 の場所
- (7) The time of propagation that the phase of the origin transfers to $x=30$ cm. 原点の位相が $x=30$ cm のところに伝わる時間

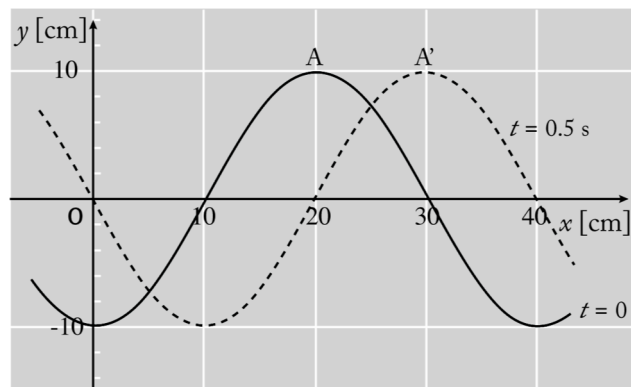


Fig. 17

4. Graphs of Vibration 振動のグラフ

[Q18] Fig. 18-a and -b are the graphs of a wave and the graph of vibration at origin of the wave, respectively. Explain about phase for each graph. Fig. 18-a と -b は、波のグラフと同じ波の原点の振動のグラフである。それぞれのグラフについて位相を説明せよ。

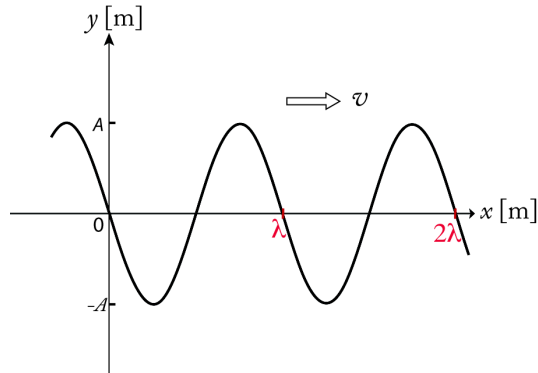


Fig.18-a

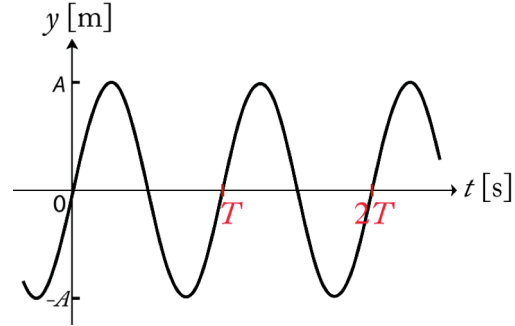


Fig.18-b

5. Longitudinal Waves

縦波

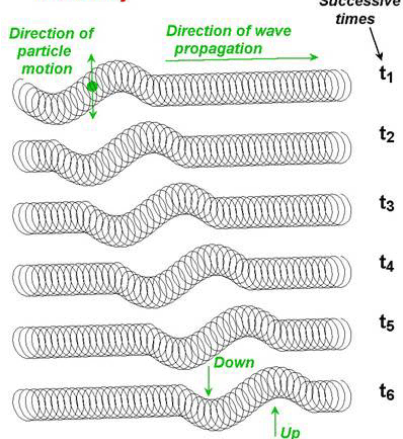
[Q18] Choose transverse and longitudinal waves from the list shown in the right.

右に挙げたいろいろの波について、横波と縦波を選べ。

Various waves いろいろな波

- | | |
|----------------------------------|----------|
| 1) Ripple | さざ波 |
| 2) Tsunami | 津波 |
| 3) Compression waves in a spring | ばねの疎密波 |
| 4) Waves of a string | ひもの波 |
| 5) Seismic waves | 地震波 |
| 6) Sound | 音波 |
| 7) Wave machines | ウェーブマシン |
| 8) Light | 光 |
| 9) Electric waves | 電波 |
| 10) Human wave at a ballpark | 球場での万歳の波 |

Shear (S) Wave Propagation in a Slinky



Compressional (P) Wave Propagation in a Slinky

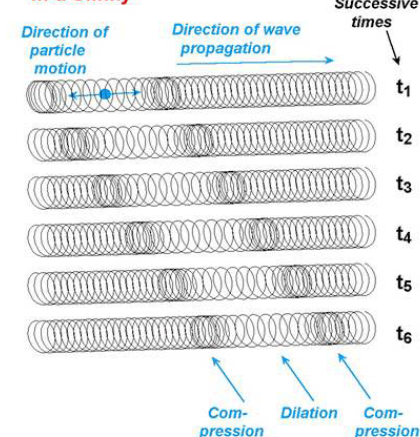


Fig. Wave Propagation in Slinky つるまきばねの波の伝わり方

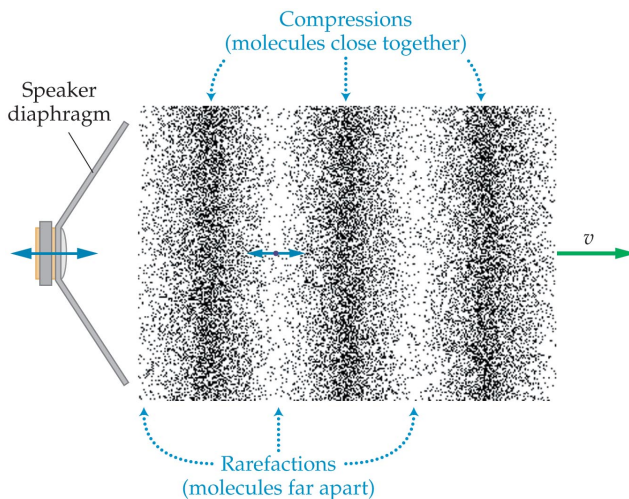


Fig. Sound produced by a speaker スピーカーで発生した音波

6. Human Waves 人間の波

[Q20] In the figures below, you are observing students making a line to make “human waves” by moving paper in their hands. The distance between adjoining students is 1.5m. Every student moves paper by 25cm at a bang of a drum once per 0.50 s to shifts to the next step. (1) The left-end or #0 student moves paper upward in Fig. 20 or to the left as you face in Fig. 21. Which direction is the right movement for the #4 student? (2) Is this wave transverse or longitudinal? (3) Find the amplitude of the waves. (4) Find the wavelength of the waves. (5) Find the period of the waves. (6) Find the frequency of the waves. (7) Find the speed of the waves. (8) Name all the students on the wave that are in identical phase with the #1 student. (9) Name all the students on the wave that are in opposite phase with the #1 student. (10) Which direction does the “human waves” move?

生徒が横一列に並んで紙を動かして「人間の波」を作っているのを君は正面から見ている。隣り合う生徒との間隔は1.5m、太鼓を0.50秒に1回たたくごとに紙を25cm動かして次の動作に移って行く。

- (1) 左端（番号0の人）が太鼓に合わせて紙を上（Fig. 20）または向かって左に（Fig. 21）動かした。番号4の人は紙をどちらに動かすのが正しいか。
- (2) 波は、横波か縦波か？
- (3) 振幅はいくらか。
- (4) 波長はいくらか。
- (5) 周期はいくらか。
- (6) 振動数はいくらか。
- (7) 波の速さはいくらか。
- (8) 番号1の人と同位相の生徒の番号を全て挙げよ。
- (9) 番号1の人と逆位相の生徒の番号を全て挙げよ。
- (10) 波はどちらに向かって進むか。

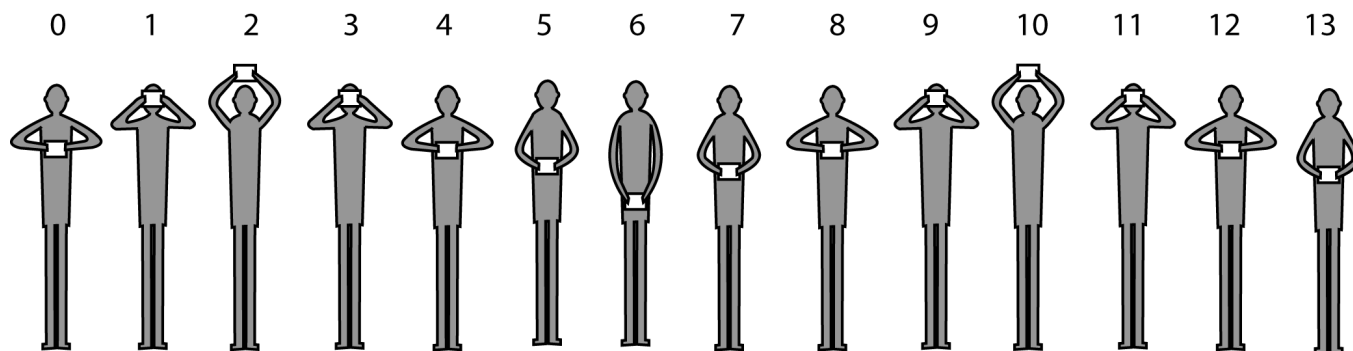


Fig. 20

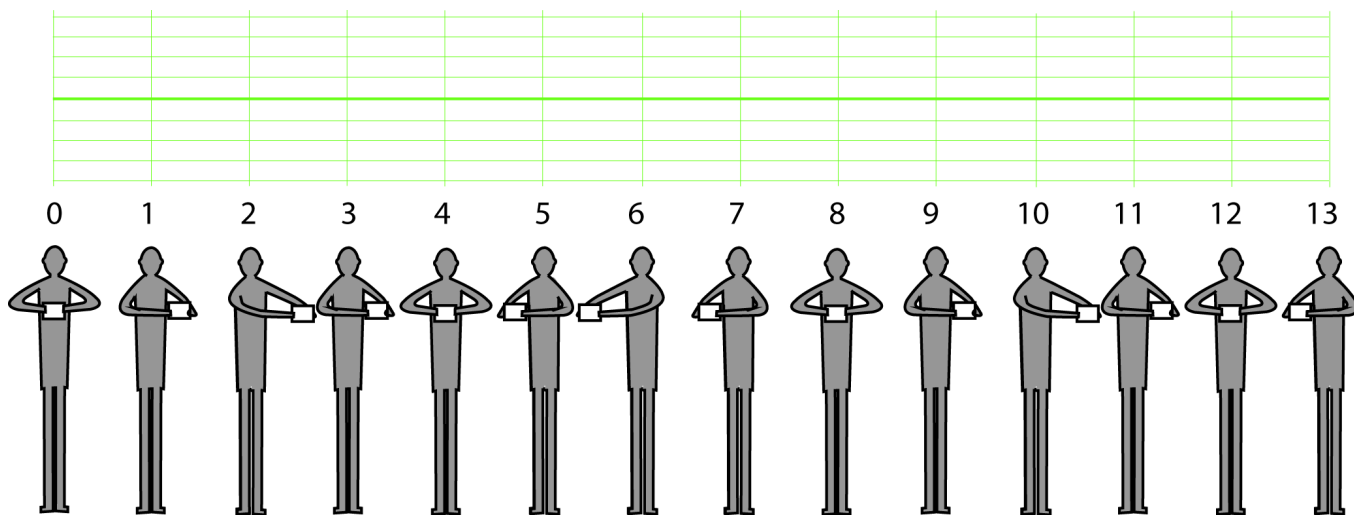
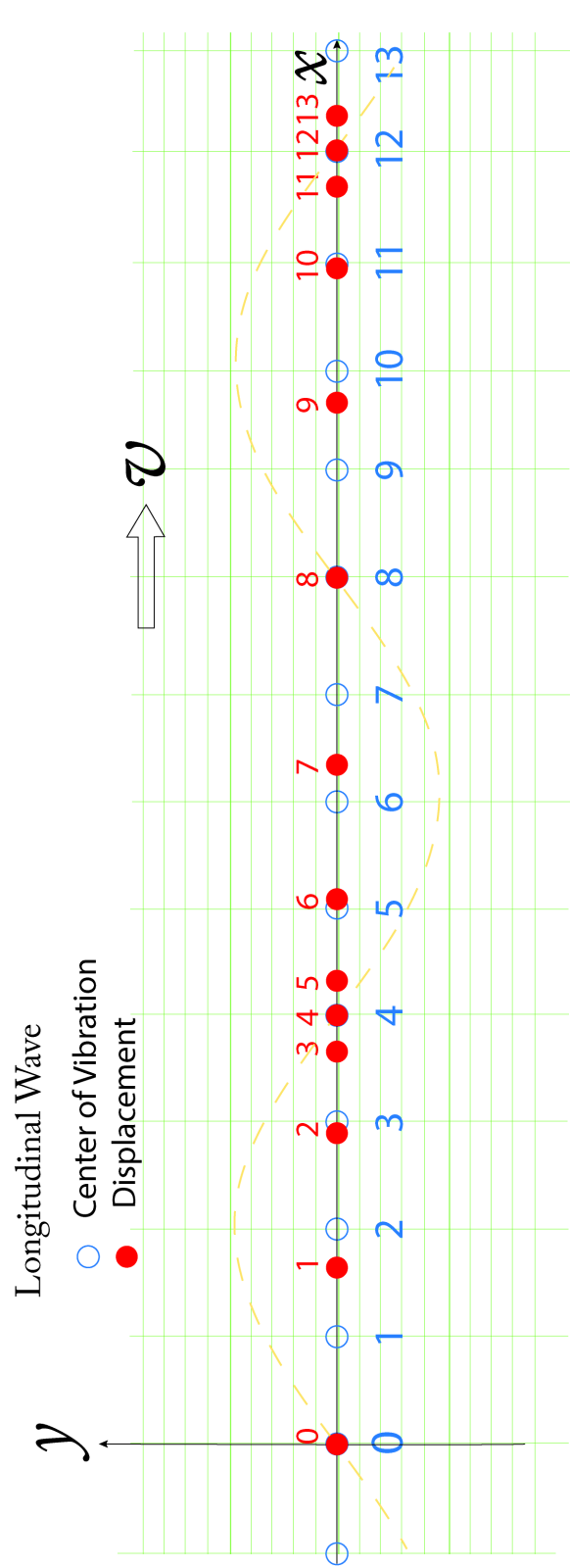


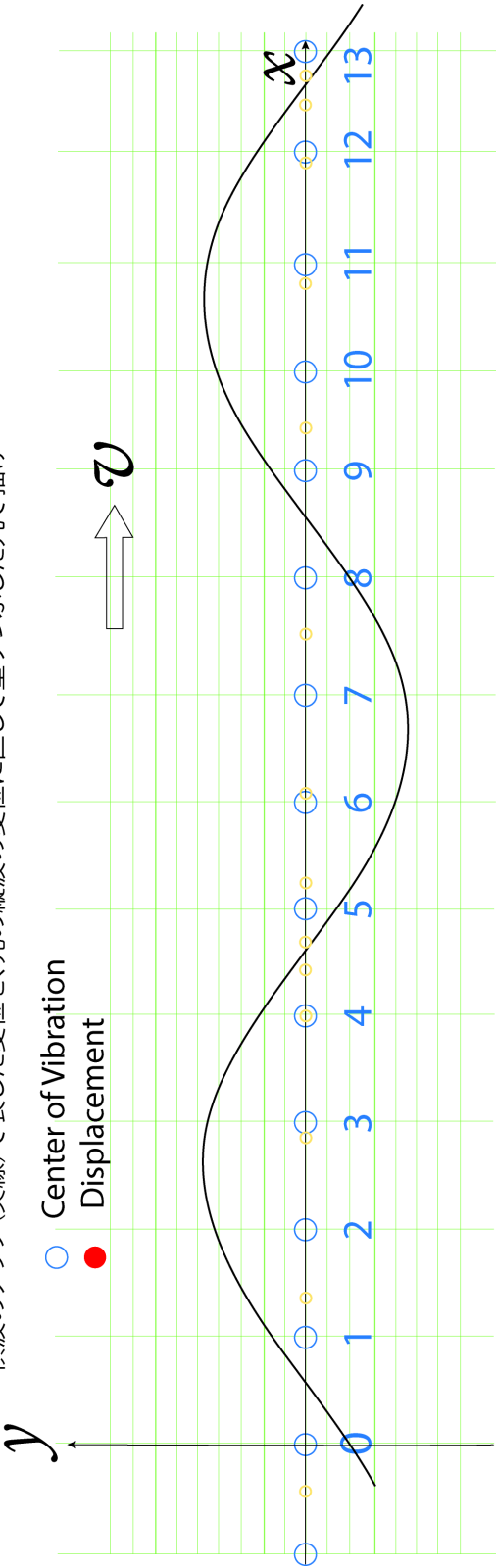
Fig. 21

7. Graph of Longitudinal Waves
縦波の表示

縦波の各変位を、横波のグラフの変位として表せ



横波のグラフ (実線) で表した変位を、元の縦波の変位に直して塗りつぶした丸で描け

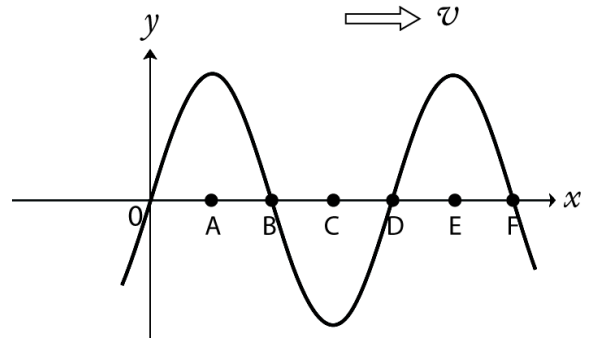


[Q19] The figure shows the graph of a longitudinal wave expressing as a transverse wave.

- (1) Which points are of condensations or rarefactions?
- (2) Which point has the largest displacement to the right?
- (3) Which point has the speed of zero?

図は、縦波を横波のグラフで表したものである。

- (1) 密になっている点、疎になっている点はどこか。
- (2) 右向きの変位が最大の点はどこか。
- (3) 媒質の速さがゼロの点はどこか。



8. Superposition of Waves 重ね合わせによってできる波

[Q22] The following figure represents red and blue pulses. Make a careful sketch of the resulting wave, assuming that the superposition principle holds for these waves.

図は、赤と青のパルス波を示している。二つの波が重なった状態を描け。（波の重ね合わせの原理が成立しているとする）

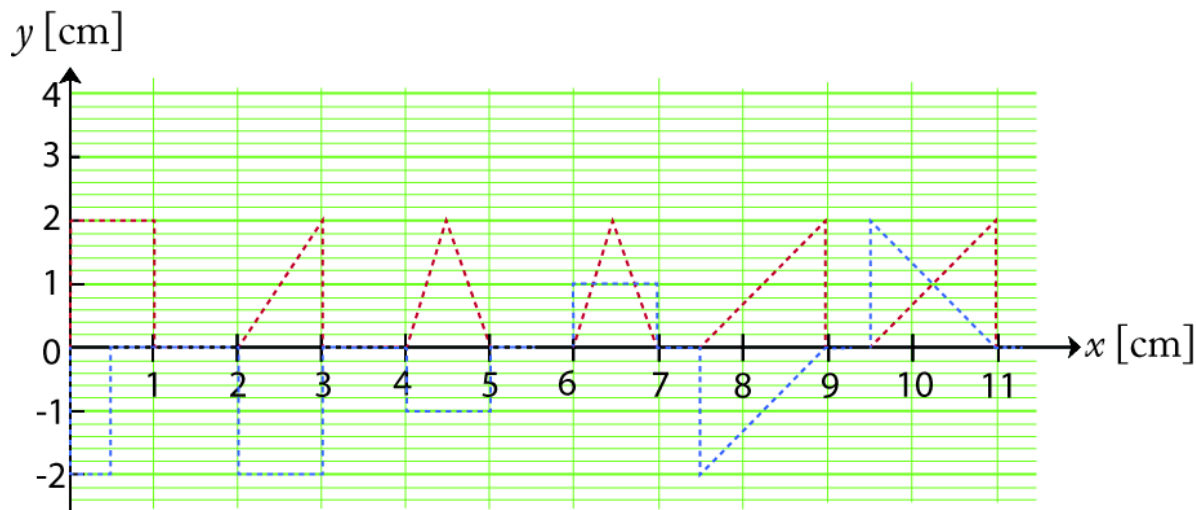


Fig. 22

[Q23] Two pulse waves move at the speed of 1 cm/s as shown. Draw the pattern of the waves after 2 seconds.

2個のパルス波が示された向きに 1 cm/s で進んでいる。2秒後の波の形を描け。

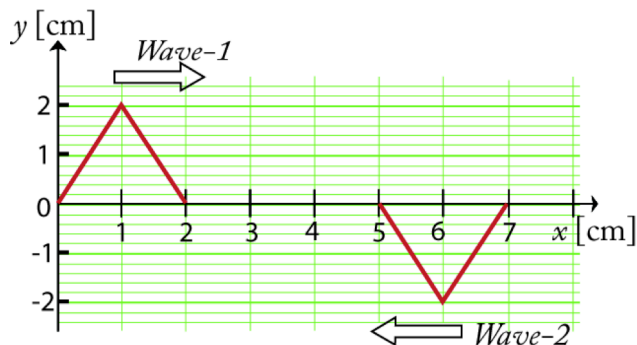


Fig. 23

[Q24] Fig. 25 shows a rope with two pulses moving along it in the direction shown. What is the resultant wave pattern at the instant when the maximum displacement of both pulses is at point O on the rope? (PS56)

ロープ上の2個のパルスが示した向きに進んでいる。点Oで2個のパルスが重なったときの波の形を描け。

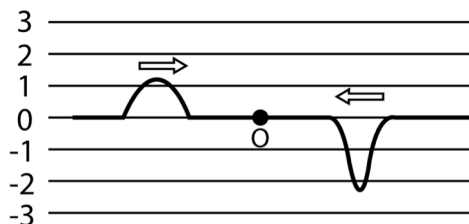
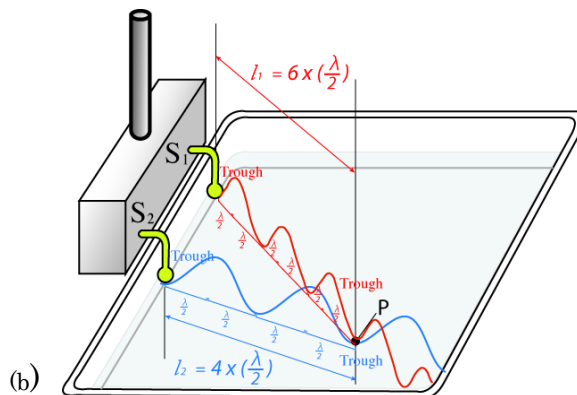
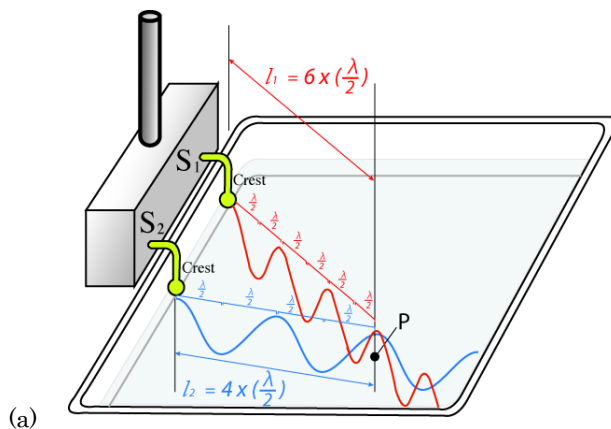


Fig. 24

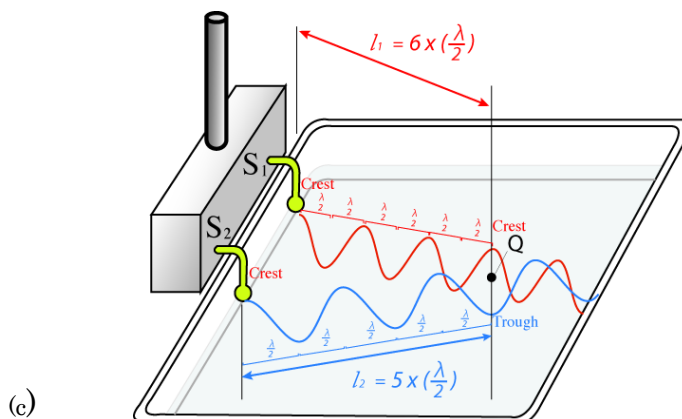
9. Interference of Waves 波の干渉

(I) In-Phase Vibration 同位相の振動

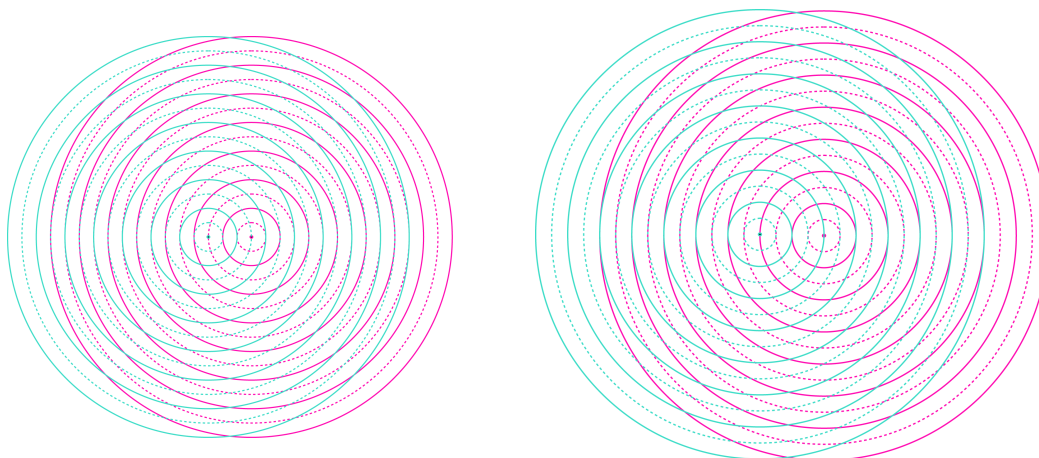
Constructive Interference 強めあう点 $|\ell_1 - \ell_2| = 2m \times \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$



Destructive Interference 打ち消しあう点 $|\ell_1 - \ell_2| = (2m + 1) \times \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$



[Q41] The figures show two sets of circular waves. Find the lines of “constructive” and “destructive” interferences. 図は2個の円形の波が干渉している様子である。「強め合う」点を結んだ線と「打ち消しあう」点を結んだ線を描け。



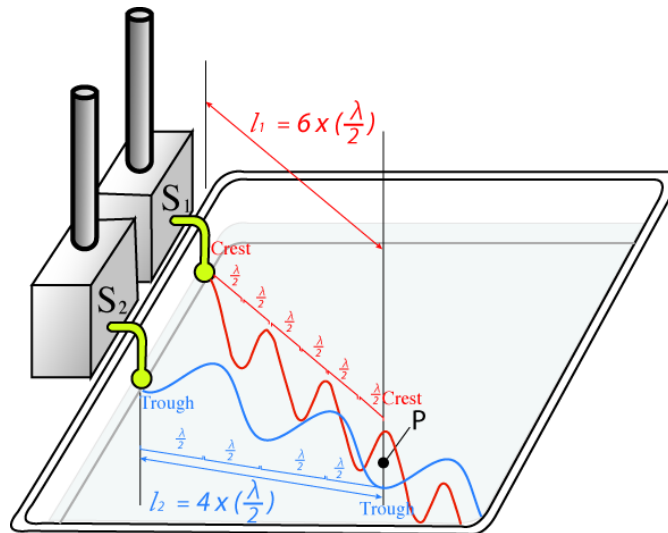
(II) Out Of-Phase Vibration 逆位相の振動

Constructive Interference 強めあう点

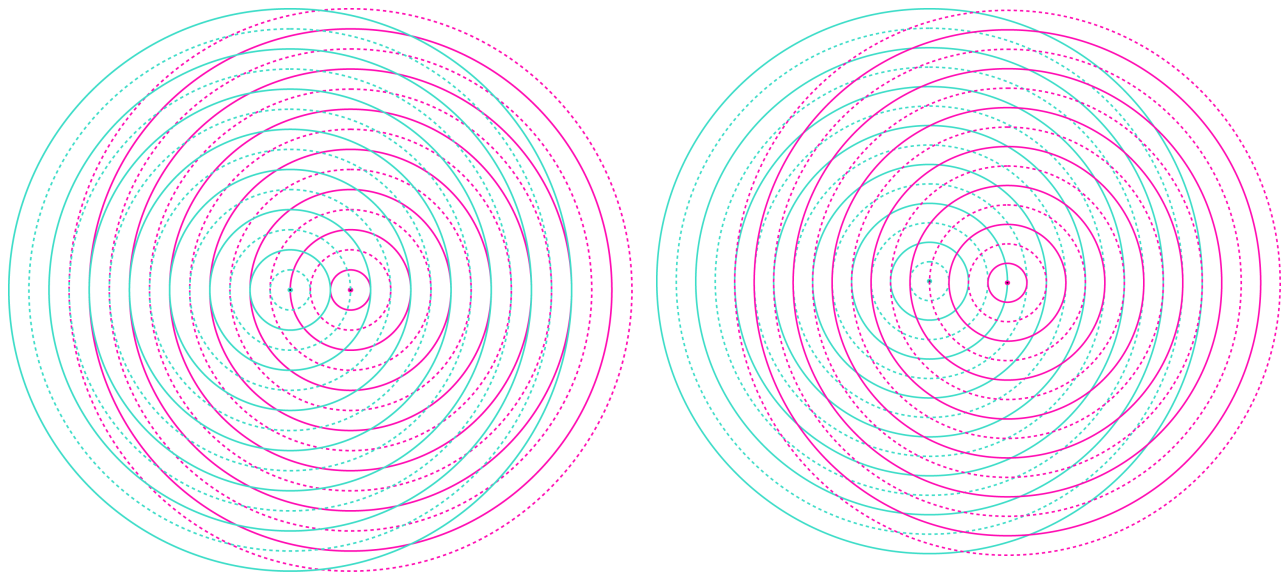
$$|\ell_1 - \ell_2| = (2m + 1) \times \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

Destructive Interference 打ち消しあう点

$$|\ell_1 - \ell_2| = 2m \times \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$



[Q42] The figures show two sets of circular waves. Find the lines of “constructive” and “destructive” interferences. 図は2個の円形の波が干渉している様子である。「強め合う」点を結んだ線と「打ち消しあう」点を結んだ線を描け。



[Q43] Two sources on water surface, S_1 and S_2 , separated by a distance of 2.0 cm vibrate in phase with one another. The produced wave has a wavelength of 1.0 cm. Are the waves constructive or destructive at the point located 6.5 cm far from S_1 and 7.5 cm far from S_2 ?

2.0 cm 離れた水面上の2点 S_1 、 S_2 を同位相で振動させる。このとき、発生する波の波長は 1.0 cm であった。 S_1 から 6.5 cm、 S_2 から 7.5 cm 離れた点は、強め合うか、打ち消しあうか。

[Q44] Two sources on water surface, S_1 and S_2 , separated by a distance of 2.0 cm vibrate out of phase with one another. The produced wave has a wavelength of 1.0 cm. Are the waves constructive or destructive at the point located 6.5 cm far from S_1 and 7.5 cm far from S_2 ?

2.0 cm 離れた水面上の2点 S_1 、 S_2 を逆位相で振動させる。このとき、発生する波の波長は 1.0 cm であった。 S_1 から 6.5 cm、 S_2 から 7.5 cm 離れた点は、強め合うか、打ち消しあうか。

[Q45] Two speakers separated by a distance of 4.30 m emit sound of 221 Hz. The speakers are in phase with one another. A person listens from a location 2.80 m directly in front of the speakers. Does the person hear constructive or destructive interference. (Speed of sound: 343 m/s)

2 個のスピーカーが 4.30 m 離れて 221 Hz の音を出している。二つの音は同位相である。ある人が一方のスピーカーの前 2.80 m で聞いていたとすると、二つの音は強め合うか打ち消しあうか。(音速: 343 m/s) (W476)

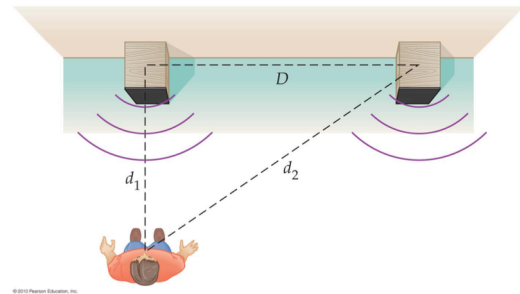


Fig. 45

[Q46] The Speakers shown to the right have opposite phase. They are separated by a distance of 5.20 m and emit sound with a frequency of 104 Hz. A person stands 3.00 m in front of the speakers and 1.30 m to one side of the center line between them. What type of interference occurs at the person's location?

2 個のスピーカーが 5.20 m 離れて 104 Hz の音を出している。二つの音は逆位相である。ある人が図で示した場所で音を聞いていたとすると、二つの音は強め合うか打ち消しあうか。(音速: 343 m/s) (W477)

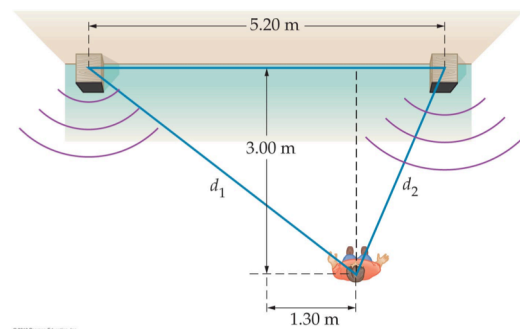
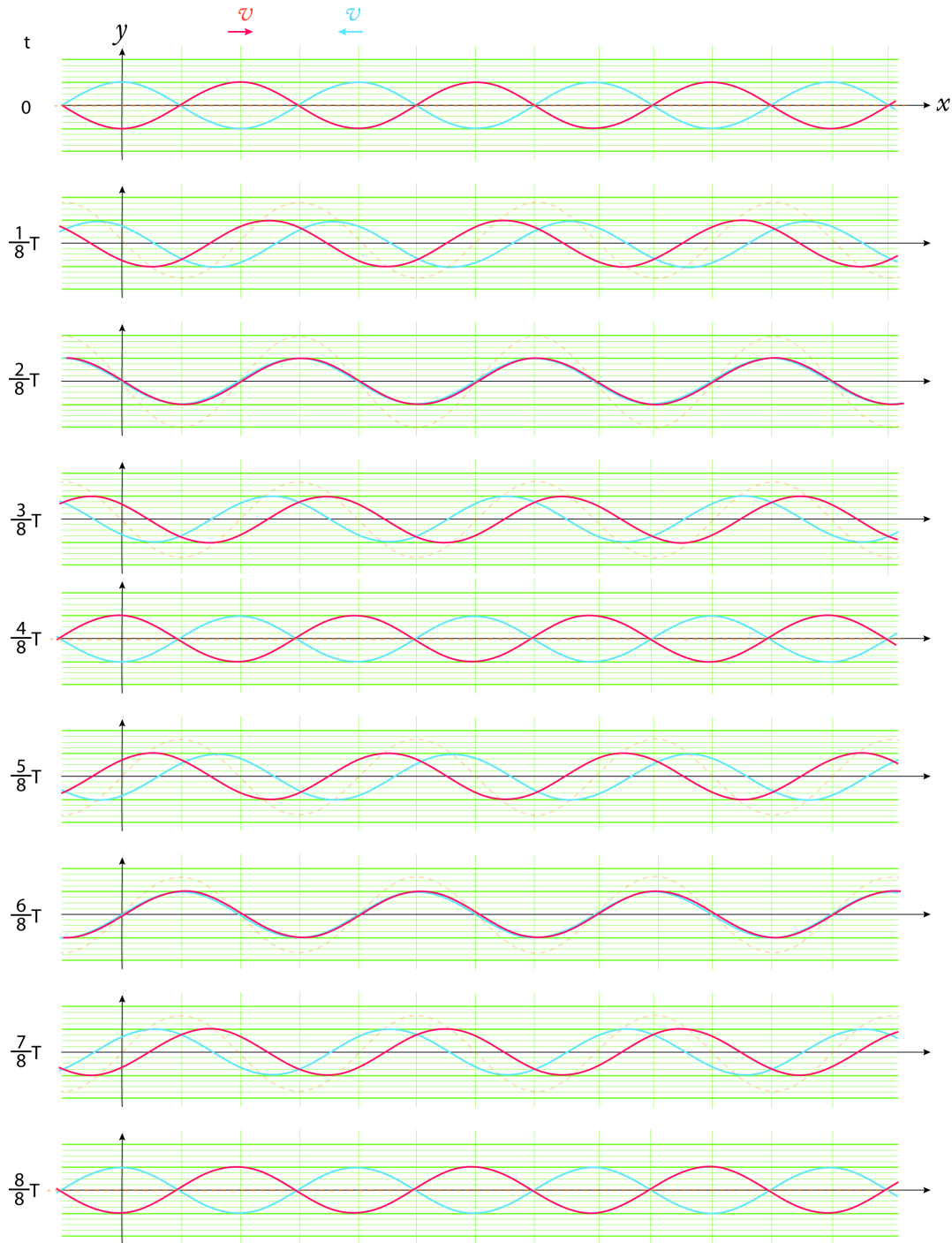


Fig. 46

10. Standing Wave 定常波

[Q] In the figure shown below, two waves having the same amplitude and wavelength travel in opposite directions. Illustrate the resultant wave pattern formed by the superposition of the two waves (A standing wave is formed.) 下図は、波長が等しく振幅も等しい2つの波が互いに反対向きに同じ速さで進んでいる。2つの波の合成波を描け（定常波が作られる。）



[Q51] Standing waves are produced by two waves traveling in opposite directions in the same medium. The two wave must have

- (1) the same amplitude and the same frequency
 - (2) the same amplitude and different frequencies
 - (3) different amplitudes and the same frequency
 - (4) different amplitudes and different frequencies
- (PS 160)

[Q52] The diagram P represents a wave moving toward the right side. Which wave from (a) to (d) could produce a standing wave with the wave P?

図 P は、右に進む波である。この波と定常波を作り得る波は(a) ~ (d)のうちどれか。

定常波は、同じ媒質中で反対の向きに進行する 2 個の波で作られる。その 2 個の波に必要な要件は次のどれか。

- (1) 同一の振幅で同一の振動数
- (2) 同一の振幅で異なった振動数
- (3) 異なった振幅で同一の振動数
- (4) 異なった振幅で異なった振動数

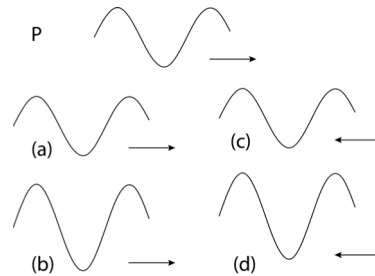


Fig. 52

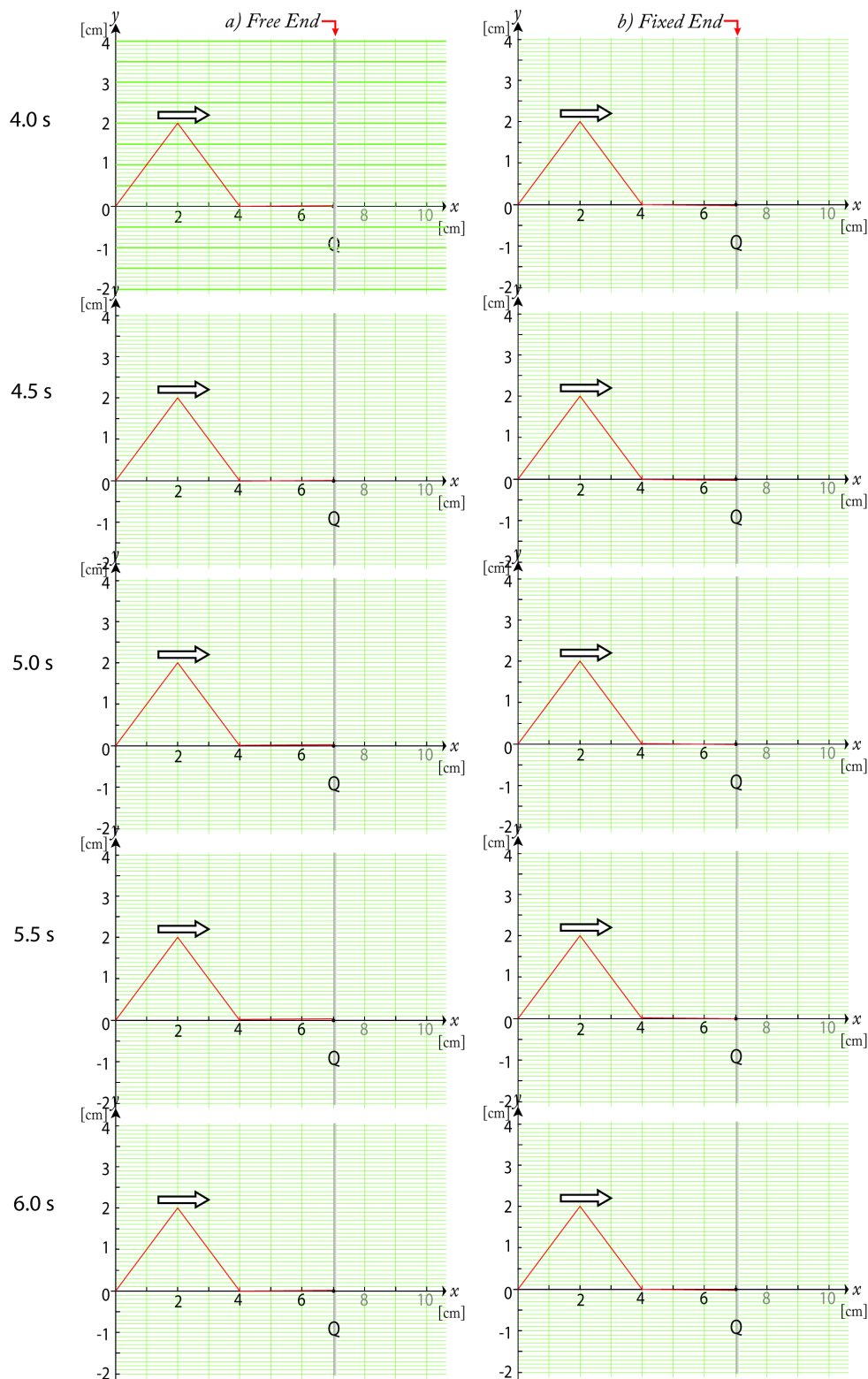
[Q53] Two sources, S_1 and S_2 , separated by a distance of 4.0 cm emit the identical traveling wave toward the each other. The wave has the wavelength of 4.0 cm, the amplitude of 0.5 cm, the speed of 2.0 cm/s and in phase with one another. They produce a standing wave between S_1 and S_2 .

- (1) Find the period and amplitude of the vibration of the antinodes.
 - (2) Illustrate the pattern of the standing wave.
- 4.0 cm 離れている 2 つの波源 S_1 、 S_2 から、それぞれの波源に向かって波長 4.0 cm、振幅 0.50 cm、速さ 2.0 cm/s の等しい進行波が同位相で発生している。このとき S_1 、 S_2 間に定常波ができる。
- (1) 定常波の腹の振動の周期と振幅を求めよ。
 - (2) S_1 、 S_2 間の定常波の形を図で表せ。(I71)

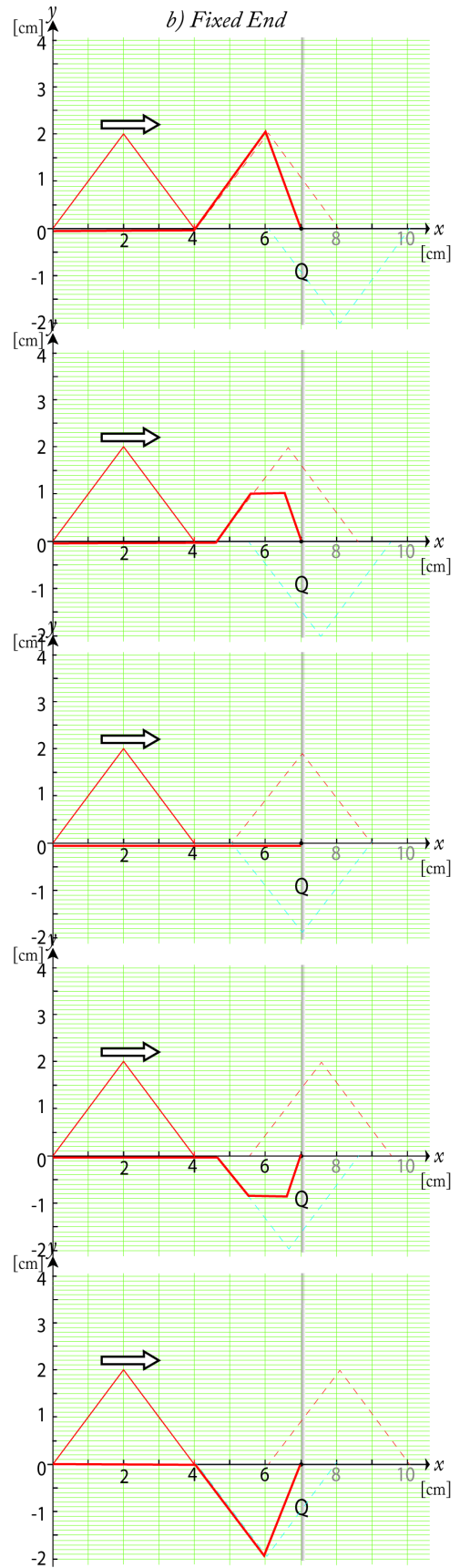
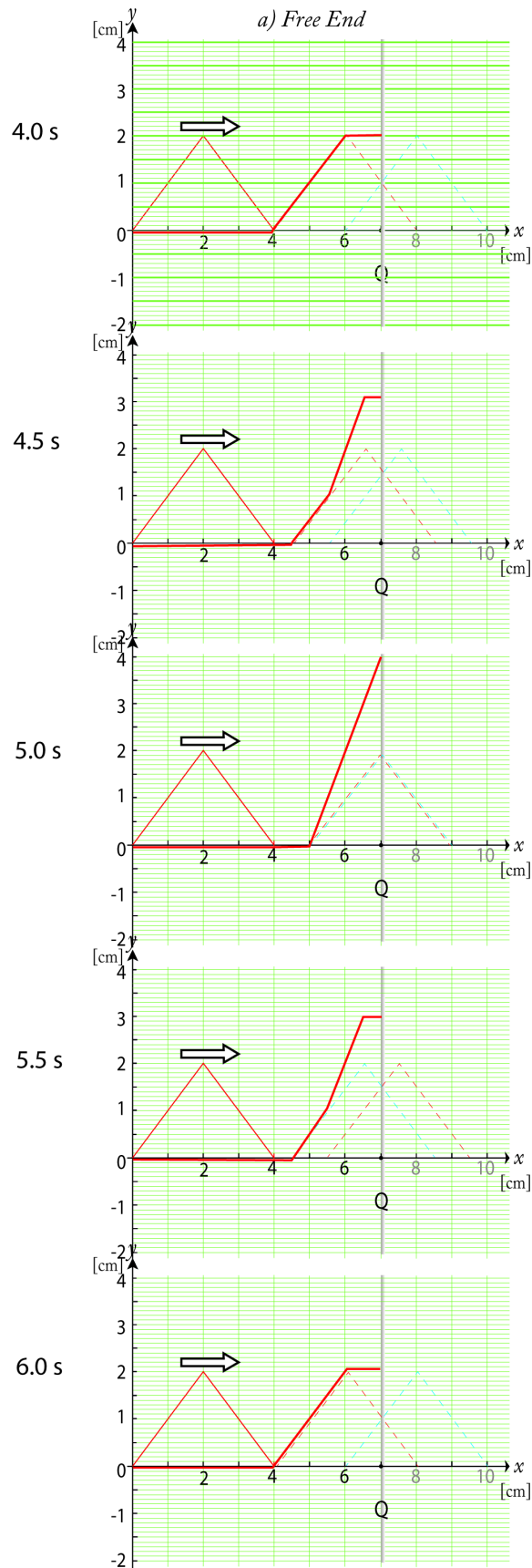
1 1. Reflection at a Free End and at a Fixed End 自由端反射と固定端反射

[Q26] In Fig. 26-a and -b, a pulse approaches toward a free and fixed end Q, respectively, with a speed of 1.0 cm/s. Illustrate the pattern for the waves at a time 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 and 6.5 s later.

パルス波が速さ 1.0 cm/s で進んでいる。点 Q は Fig. 36-a では自由端、-b では固定端である。4.0, 4.5, 5.0, 5.5, および 6.0 秒後に現れる波の形を図に描け。



[Q26]
Answer



9. Diffraction, Reflection, Refraction 回折、反射、屈折

Huygens's Principle ホイヘンスの原理

[Q27] Explain the following terms: 次の用語を説明せよ。

波面 Wave Front

平面波 Plane Wave,

球面波 Spherical Wave

素元波 Elementary Wave

包絡面 Surface Envelope

ホイヘンスの原理 Huygens' Principle

Diffraction 回折

[Q28] Fig. 41 represents water waves interacting with two slits in a barrier. Identify two wave phenomena illustrated in the figure. Fig. 41 は、水面波が障壁の2個のすき間を通過後の相互作用を示している。この図の現れた波の現象を2つ言え。(PS161)

[Q29] Which diagram in Fig. 42 best illustrates diffraction of waves incident on a barrier? 波が障壁で回折する様子は、Fig. 42 のどの図が最も適切か。

波が障壁で回折する様子は、Fig. 42 のどの図が最も適切か。

[Q30] A wave is diffracted as it passes through an opening in a barrier. The amount of diffraction that the wave undergoes depends on both of the followings: 波がすき間を通過した後に回折を示す程度は次の2個の組合せのどれにいちばん影響を受けるか。

- (a) amplitude and frequency of the incident wave
入射波の振幅と振動数
- (b) wavelength and speed of the incident wave
入射波の波長と速さ
- (c) wavelength of the incident wave and the size of the opening
入射波の波長とすき間の大きさ
- (d) amplitude of the incident wave and the size of the opening
入射波の振幅とすき間の大きさ

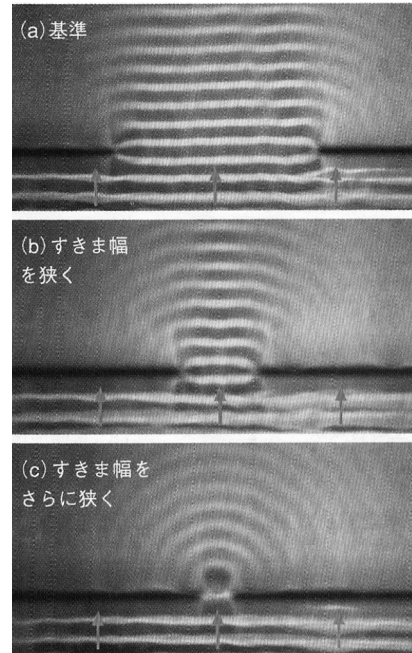


Fig. 39

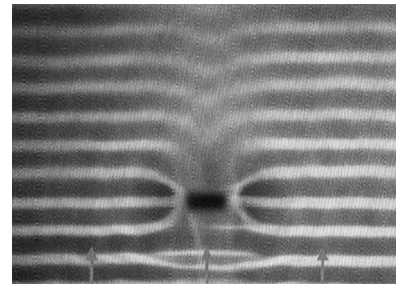


Fig. 40

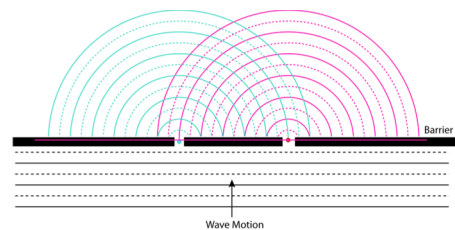


Fig. 41

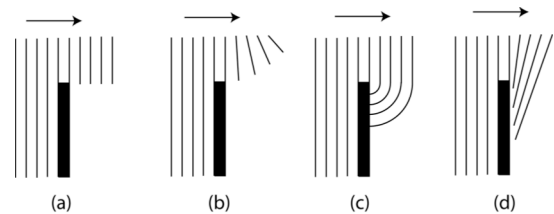


Fig. 42

Reflection 反射

[Q31] Explain the following terms: 次の用語を説明せよ。

入射波	Incident wave
反射波	Reflected wave
法線	Normal
入射角	Incidence angle
反射角	Reflection angle
反射の法則	Law of reflection

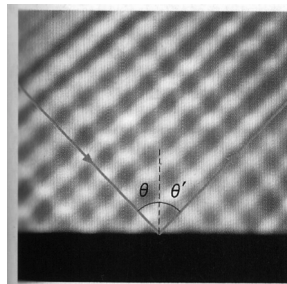


Fig. 31 Reflection

[Q32] Do the wavelength, frequency and speed of an incident wave change with reflection? 入射波の波長・振動数・速さは反射によって変化するか。

Refraction 屈折

[Q33] Do the wavelength, frequency and speed of an incident wave change with refraction? 入射波の波長・振動数・速さは屈折によって変化するか。

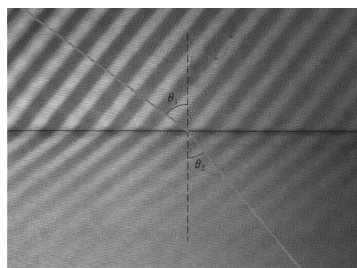


Fig. 33 Refraction

[Q34] Find the relative refractive index, $n_{1 \rightarrow 2}$ of a medium 2 with respect to another medium 1 in terms of incidence and refraction angles.

媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率（相対屈折率）を入射角と屈折角を用いて表せ。

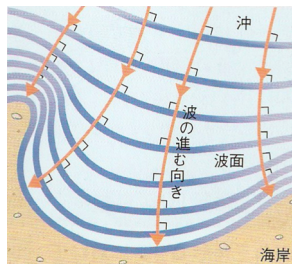
[Q35] Find the relative refractive index, $n_{1 \rightarrow 2}$ of a medium 2 with respect to another medium 1 in terms of the speed of waves in the mediums.

媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率（相対屈折率）を各媒質での波の速さを用いて表せ。

[Q36] Find the relative refractive index, $n_{1 \rightarrow 2}$ of a medium 2 with respect to another medium 1 in terms of the wavelength of waves in the mediums.

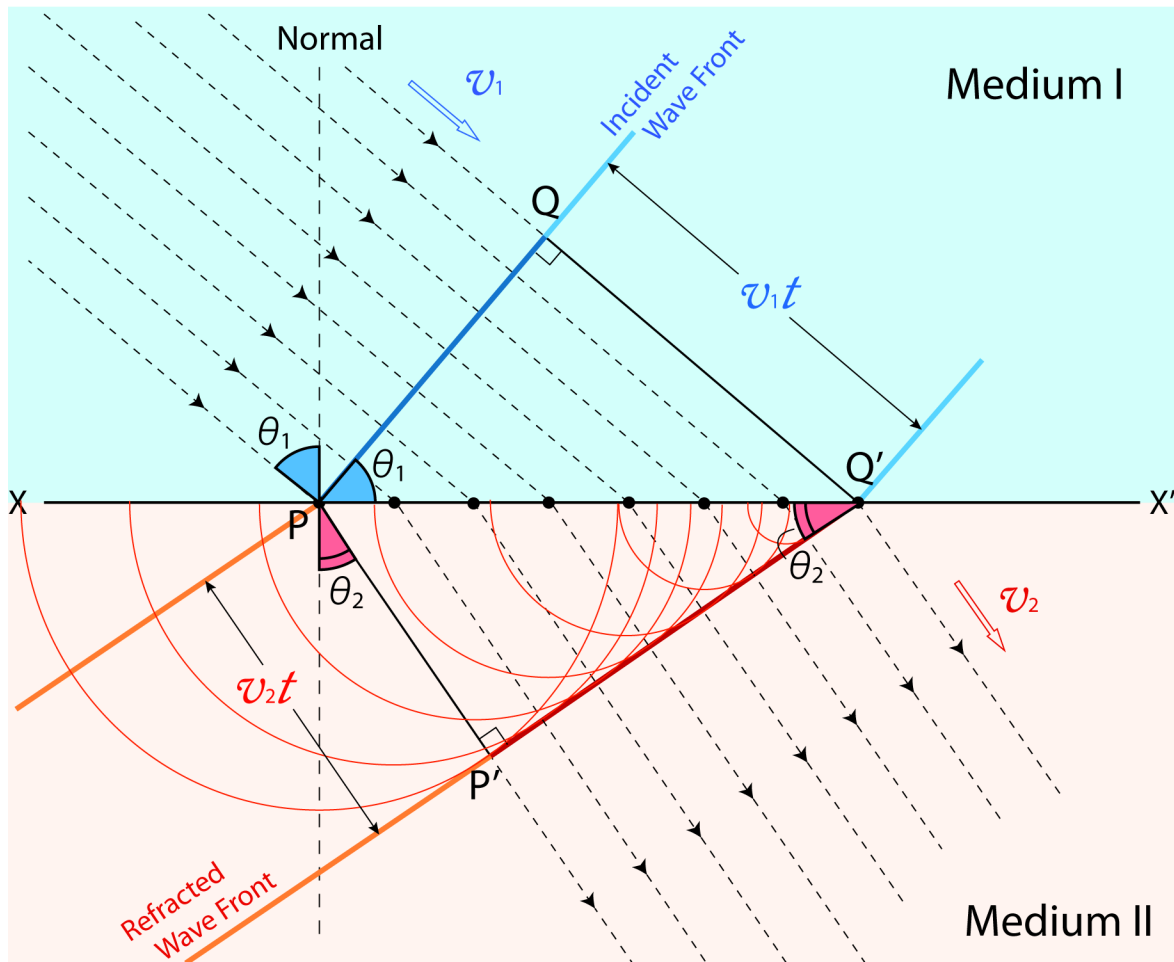
媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率（相対屈折率）を各媒質での波の波長を用いて表せ。

[Q37] Why are the wave fronts lapping toward the beach always parallel with the beach line? 海岸に打ち寄せる波の波面が常に海岸線に平行になるのはなぜか。



[Q38] Derive the law of refraction using the Huygens' Principle

屈折の法則をホイヘンスの法則から導け



- θ_1 :
- θ_2 :
- v_1 :
- v_2 :
- t :
- $v_1 t$:
- $v_2 t$:
- $\sin \theta_1 =$
- $\sin \theta_2 =$
- $n_{1 \rightarrow 2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} =$

[Q39] Fig. 39 shows the wave fronts of a wave of 2.8 m wavelength traveling from a medium 1 to another medium 2. The refractive index of the medium 2 with respect to the medium 1 is 1.4. Find the wavelength of the refracted wave. Illustrate the refracted wave in the figure.

Fig. 39 は、媒質 1 から媒質 2 へ波長 2.8 m の波が進んでいるときの波面を描いている。媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率を 1.4 とするとき、媒質 2 における波の波長はいくらか。また、屈折波を描け。

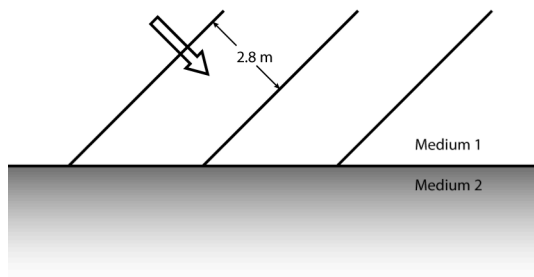
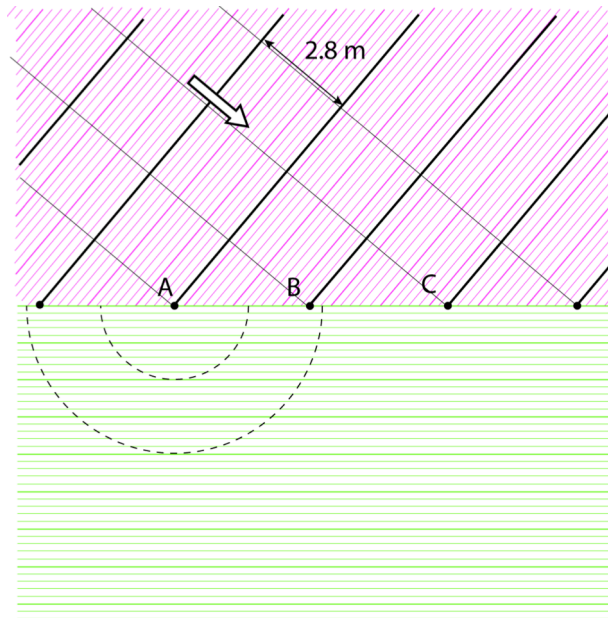


Fig. 39



[Q40] There are two parts of place in a water tank, deep (medium 1) and shallow (medium 2). A wave of 6.0 Hz frequency travels at 18 cm/s in the deep place toward the shallow place. The wave travels in the shallow place at 15 cm/s. (a) Find the refractive index of the medium 2 with respect to the medium 1. (b) Find the wavelength in the two media.

水槽の深いところ（媒質 1）と浅いところ（媒質 2）がある。深いところの水面で振動数 6.0 Hz の波が生じて、速さ 18 cm/s で伝わり、浅いところに進んだ。浅いところの速さは 15 cm/s であった。(a) 媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率を求めよ。(2) 媒質 1、媒質 2 での波の波長を求めよ。

