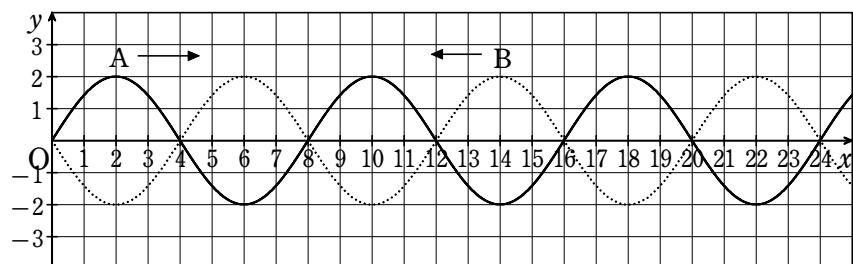


## 定常波・波の反射

### 87. 波の重ね合わせ

- (1) 下のグラフAは波長8m、振幅2m、速さ2m/sで右向きに進む正弦波。Bは同じ波長振幅速さで左向きに進む正弦波である。以下の問い合わせに答えよ。



① 次のx座標で表わされる媒質のAの波による変位を求めよ。

0      2      4      6      8

② 次のx座標で表わされる媒質のBの波による変位を求めよ。

0      2      4      6      8

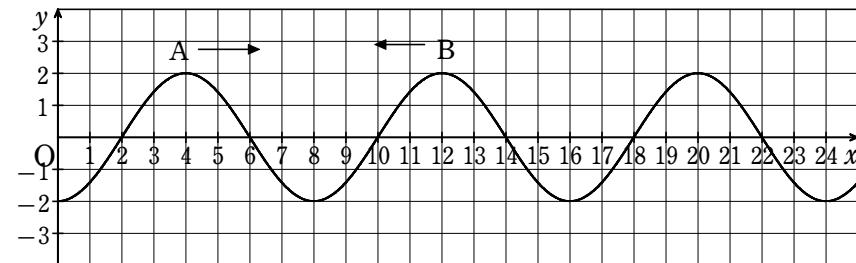
③ 各媒質はAとB両方の波の変位を受けている。実際の媒質の変位を求めよ。

0      2      4      6      8

④ 上のグラフに実際の媒質の変位を記入せよ。

- (2) 下のグラフは(1)の正弦波の1秒後を表わしている。Aの波とBの波は重なっている。

以下の問い合わせに答えよ。



① 次のx座標で表わされる媒質のAの波による変位を求めよ。

0      2      4      6      8

② 次のx座標で表わされる媒質のBの波による変位を求めよ。

0      2      4      6      8

③ 各媒質はAとB両方の波の変位を受けている。実際の媒質の変位を求めよ。

0      2      4      6      8

④ 上のグラフに実際の媒質の変位を記入せよ。

- (3) 下のグラフは(2)の正弦波の1秒後を表わしている。以下の問い合わせに答えよ。

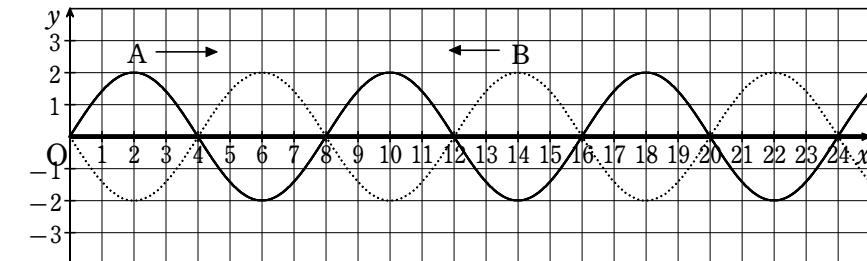
### 解説

(1) ① 0. (0) 、 2. (2) 、 4. (0) 、 6. (-2) 、 8. (0)

② 0. (0) 、 2. (-2) 、 4. (0) 、 6. (2) 、 8. (0)

③ 0. (0) 、 2. (0) 、 4. (0) 、 6. (0) 、 8. (0)

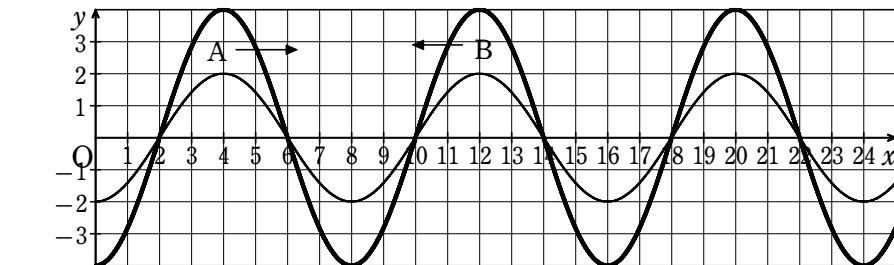
④



(2) ① 0. (-2) 、 2. (0) 、 4. (2) 、 6. (0) 、 8. (-2)

② 0. (-2) 、 2. (0) 、 4. (2) 、 6. (0) 、 8. (-2)

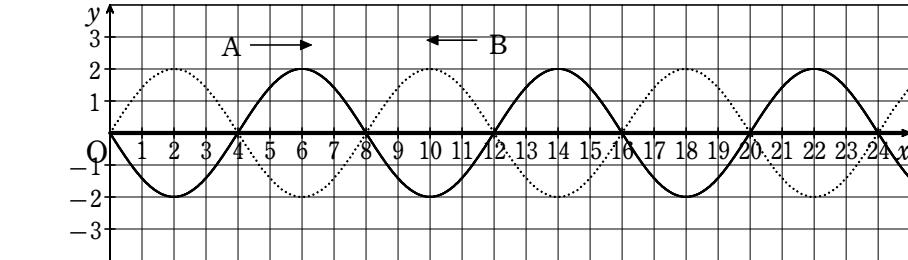
③ 0. (-4) 、 2. (0) 、 4. (4) 、 6. (0) 、 8. (-4)



(3) ① 0. (0) 、 2. (-2) 、 4. (0) 、 6. (2) 、 8. (0)

② 0. (0) 、 2. (2) 、 4. (0) 、 6. (-2) 、 8. (0)

③ 0. (0) 、 2. (0) 、 4. (0) 、 6. (0) 、 8. (0)

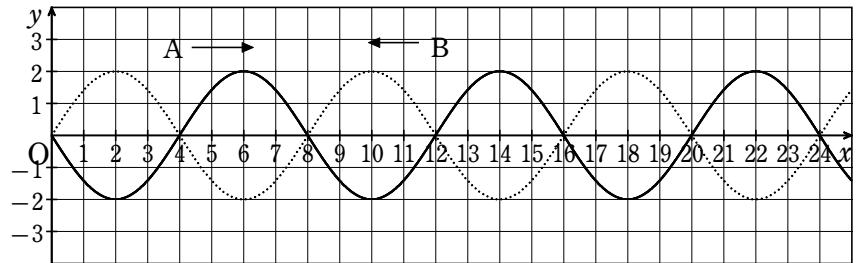


(4) ① 0. (2) 、 2. (0) 、 4. (-2) 、 6. (0) 、 8. (2)

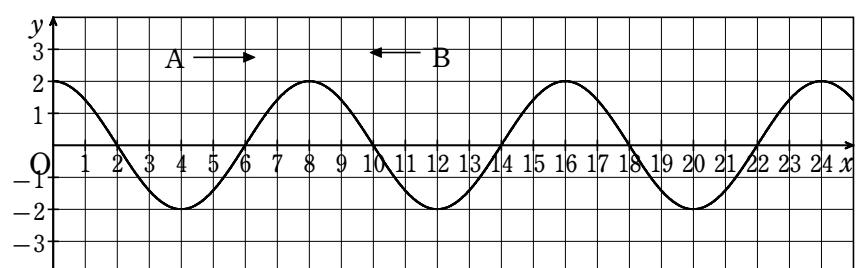
② 0. (2) 、 2. (0) 、 4. (-2) 、 6. (0) 、 8. (2)

③ 0. (4) 、 2. (0) 、 4. (-4) 、 6. (0) 、 8. (4)

## 定常波・波の反射

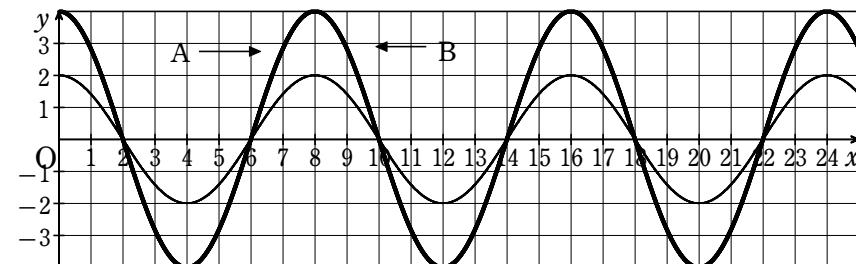


- ① 次のx座標で表わされる媒質のAの波による変位を求める。  
0 2 4 6 8
  - ② 次のx座標で表わされる媒質のBの波による変位を求める。  
0 2 4 6 8
  - ③ 各媒質はAとB両方の波の変位を受けている。実際の媒質の変位を求めよ。  
0 2 4 6 8
  - ④ 上のグラフに実際の媒質の変位を記入せよ。
- (4) 下のグラフは(3)の正弦波の1秒後を表わしている。Aの波とBの波は重なっている。  
以下の問いに答えよ。

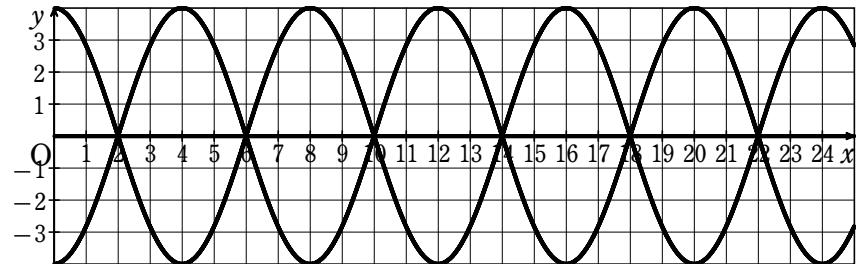


- ① 次のx座標で表わされる媒質のAの波による変位を求める。  
0 2 4 6 8
- ② 次のx座標で表わされる媒質のBの波による変位を求める。  
0 2 4 6 8
- ③ 各媒質はAとB両方の波の変位を受けている。実際の媒質の変位を求めよ。  
0 2 4 6 8
- ④ 上のグラフに実際の媒質の変位を記入せよ。

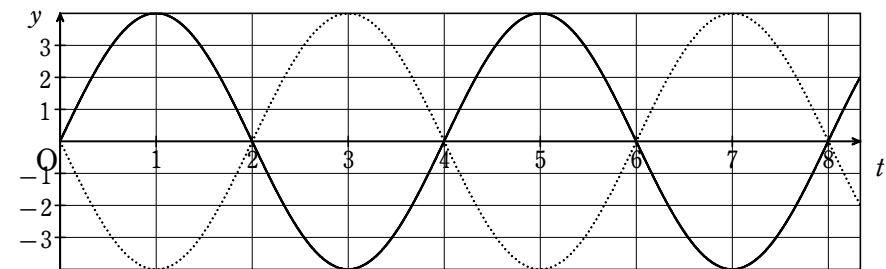
- (5) (1)～(4)の合成波について以下の問いに答えよ。  
① (1)～(4)の合成波のみを下のグラフに記入せよ。



(5) ①

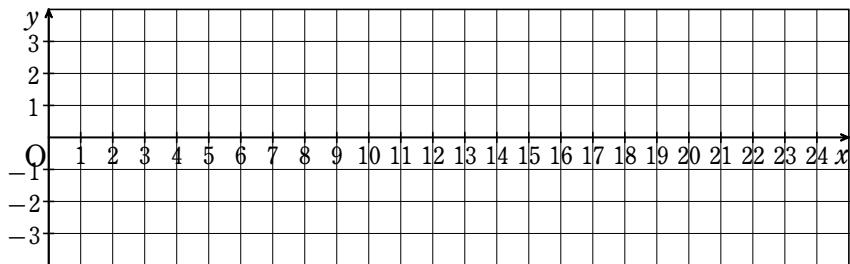


- ② 波長8m、速さ2m/sなので、波長の距離を通過する時間は $8 \div 2 = 4s$   
ABともに周期4秒
- ③ ①により4秒で元に戻っている。よって周期4秒。元の波と定常波の周期は同じ
- ④ 0. (4m) 、2. (0m) 、4. (4m) 、6. (0m) 、8. (4m)
- ⑤ 2,6,10,14,18,22 ⑥ 0,4,8,12,16,20,24
- ⑦ 4m 波長の半分 ⑧ 4m ⑨ 2m 波長の $\frac{1}{4}$
- ⑩ 4m ABの振幅の2倍
- ⑪

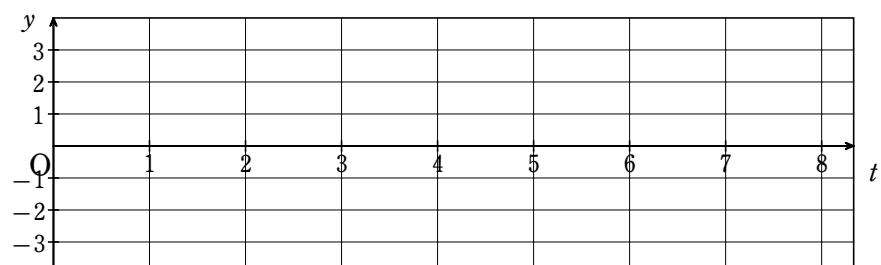


⑫ 逆位相である。

## 定常波・波の反射



- ② A、Bの波の周期はいくらか  
 ③ 次のx座標で表わされる媒質の周期を求めよ。また、その周期はA、Bの波の周期とどのような関係になっているか  
 ④ 次のx座標で表わされる媒質の振幅を求めよ。  
 (振動していない部分を「節」、最大振幅の部分を「腹」という。)  
 0 2 4 6 8  
 ⑤ グラフ中節になっている部分のx座標をすべて求めよ。  
 ⑥ グラフ中腹になっている部分のx座標をすべて求めよ。  
 ⑦ 節と節の間隔は何mか。また、ABの波長との関係はどうなっているか  
 ⑧ 腹と腹の間隔は何mか  
 ⑨ 腹と節の間隔は何mか。また、ABの波長との関係はどうなっているか  
 ⑩ 腹になっている媒質の振幅はいくらか。ABの波の振幅とはどのような関係になっているか。  
 ⑪  $x=4$ の媒質と $x=8$ の媒質の各時刻ごとの変位をグラフに描け。 $x=4$ の媒質を実線で $x=8$ の媒質を破線で描け



- ⑫  $x=4$ の媒質と $x=8$ の媒質の各時刻ごとの変位にはどのような関係があるか。

### 88. 自由端反射

- (1) 媒質中を波が伝わる時、質量の大きな

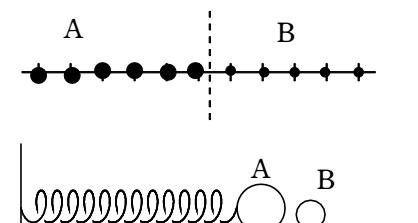
媒質Aから質量の小さい媒質Bに変わる

瞬間の波の動きを調べるために

次のような実験をした。

ばねの一端を固定し、他端に質量の

大きなおもりAを取りつけ、ばねを縮めて



質量の小さいおもりBにぶつけた。これに関して以下の問い合わせよ。

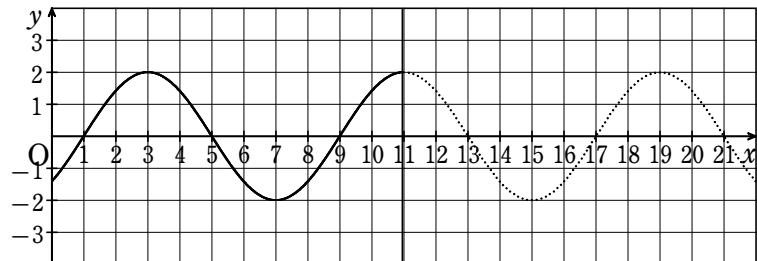
### 解説

- (1) ① Aの速度の方向はそのまま  
 ② 静止後ばねが縮むので、おもりの振動方向は逆になる。  
 ③ 位相は変わらない  
 ④ 逆向きに動き始める  
 ⑤ 自由端反射では位相は変わらず、波の進む方向が逆になる。  
 (2) ① 反射面の反対側 ( $x > 11$ ) の部分の波をそのまま  $x = 11$  を対称軸として対称移動した波が反射波である。反射波と元の波を合成すると合成波ができる。

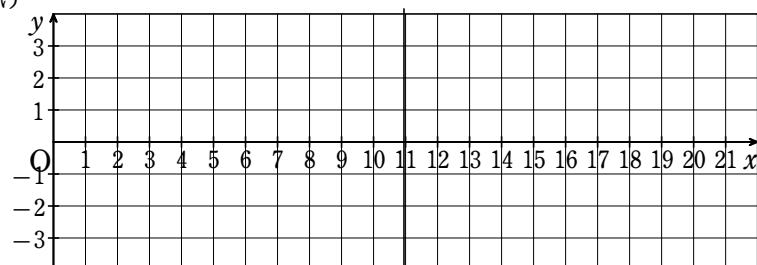
## 定常波・波の反射

- ① AとBが衝突した直後Aはどちら向きに動くか
- ② おもりAはしばらく後静止する。その後はどう向きに動くか。
- ③ 媒質Aの振動が媒質Bに伝わった瞬間媒質Aの振動方向（位相）は変わるかわらないか。
- ④ 媒質Aから媒質Bに振動が伝わってねが充分伸びてAが静止した後、Aはどう向きに動き始めるか。
- ⑤ 媒質Bの方が媒質Aよりも軽い場合を自由端反射という。自由端反射の瞬間媒質のゆれの方向（位相）と波の進行方向は変化するかしないか答えよ。

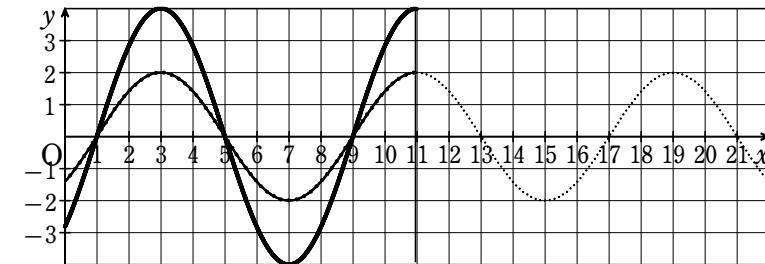
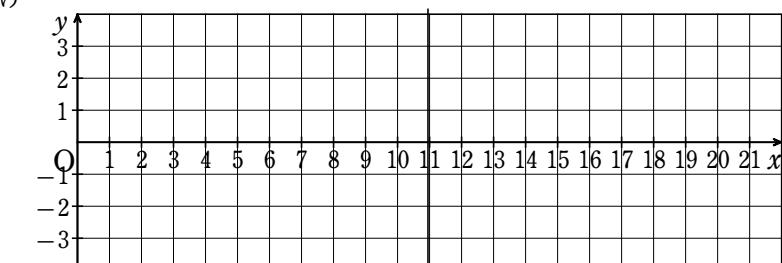
(2) 下のグラフは右向きに進む周期Tの正弦波が $x=11$ で自由端反射をしている様子を表したものである。破線部分はこの正弦波が反射しなかったとした時の波形を表わしている。  
以下の問いに答えよ。



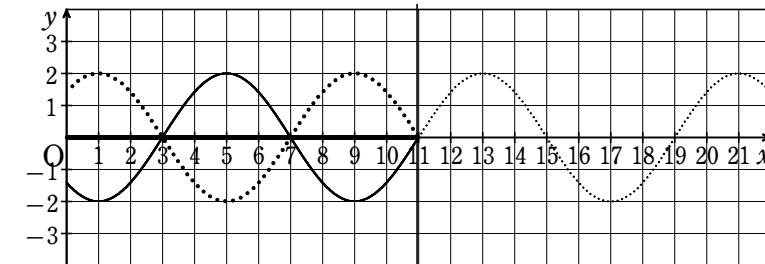
- ① この瞬間の反射波（破線）及び反射波（太線）と元の波との合成波を描け
- ② 時刻  $\frac{T}{4}$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）を描け



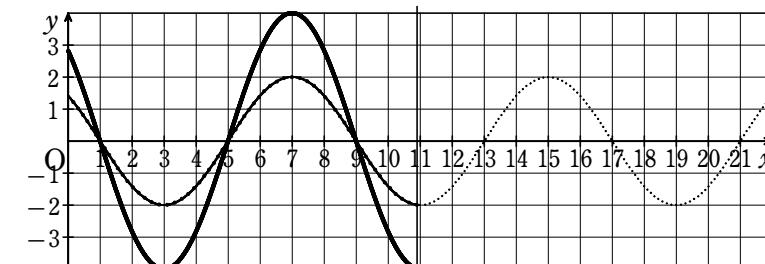
- ③ 時刻  $\frac{T}{2}$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）を描け



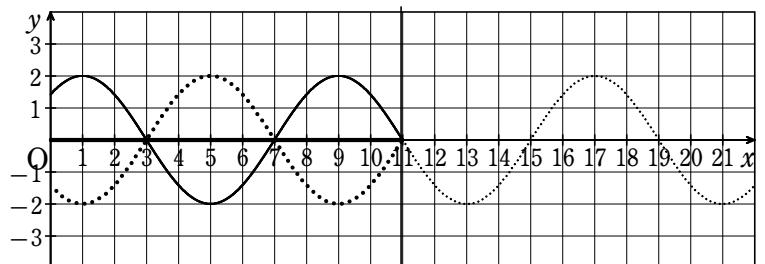
②



③



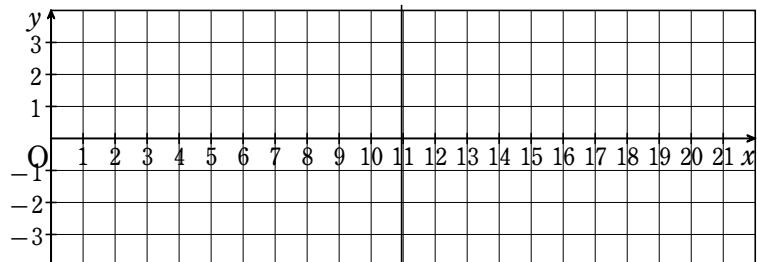
④



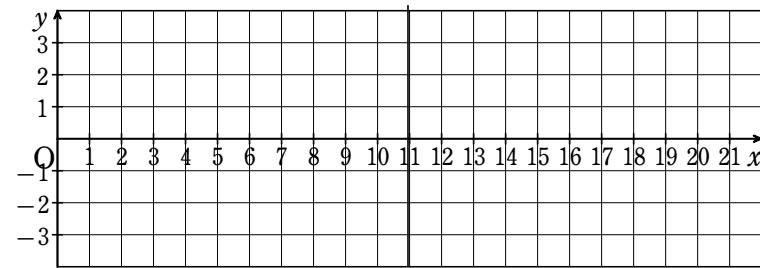
⑤

## 定常波・波の反射

- ④ 時刻  $\frac{3}{4}T$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）を描け



- ⑤ ①～④の合成波のみを下のグラフに書き込め



- ⑥ 反射面の左側にできる合成波はどのような波か

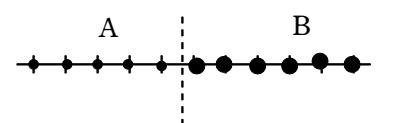
- ⑦ 節と腹のx座標をすべて求めよ。

- ⑧ 反射面では節になっているか腹になっているか

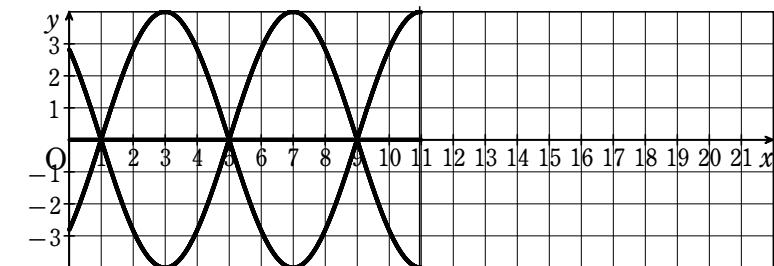
### 89. 固定端反射

- (1) 媒質中を波が伝わる時、質量の小さな媒質Aから質量の大きい媒質Bに変わる瞬間の波の動きを調べるために次のような実験をした。

ばねの一端を固定し、他端に質量の小さなおもりAを取りつけ、ばねを縮めて質量の大きいおもりBにぶつけた。これに関して



- 以下の問い合わせよ。
- ① AとBが衝突した直後Aはどちら向きに動くか
  - ② 媒質Aの振動が媒質Bに伝わった瞬間媒質Aの振動方向（位相）は変わるかわらないか。
  - ③ 媒質Aの方が媒質Bよりも軽い場合を固定端反射という。固定端反射の瞬間媒質のゆれの方向（位相）と波の進行方向は変化するかしないか答えよ。
  - (2) 下のグラフは右向きに進む周期Tの正弦波がx=11で固定端反射をしている様子を表わしたものである。破線部分はこの正弦波が反射しなかったとした時の波形を表わして



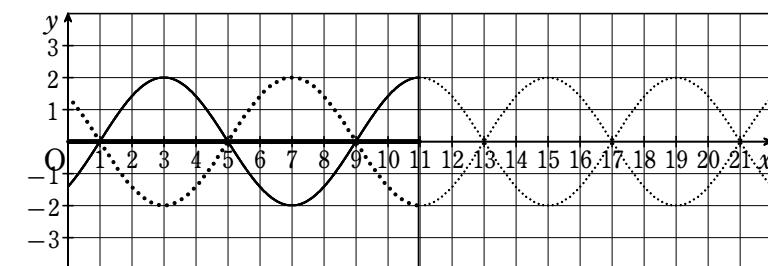
- ⑥ 定常波となる ⑦ 腹 3,7,11 節 1,5,9

- ⑧ 反射面は腹

### 解説

- (1) ① Aの速度の方向は衝突の瞬間逆になる  
② 位相は逆になる  
③ 固定端反射では位相が逆になり、波の進む方向も逆になる。

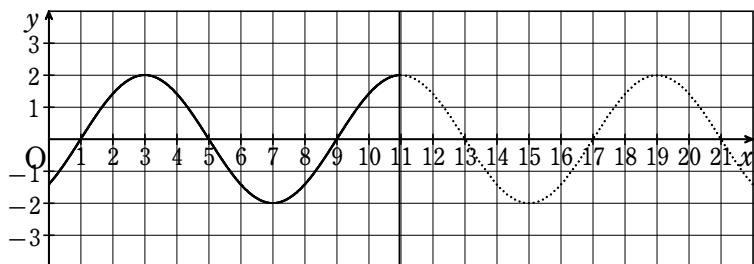
- (2) ① 固定端反射の反射波は延長波をx軸で線対称に対称移動してx=11で線対称に移動したものが固定端反射波である。



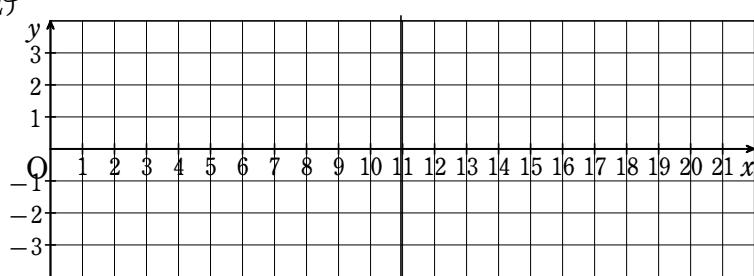
## 定常波・波の反射

いる。

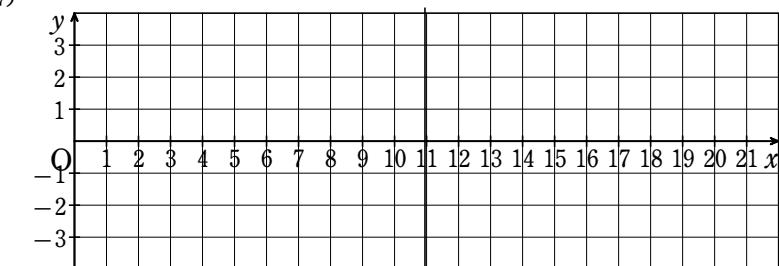
以下の問いに答えよ。



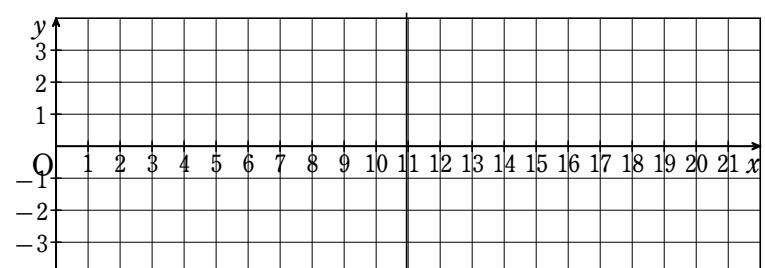
- ① この瞬間の反射波（破線）及び反射波（太線）と元の波との合成波を描け  
 ② 時刻  $\frac{T}{4}$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）



- ③ 時刻  $\frac{T}{2}$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）  
 を描け

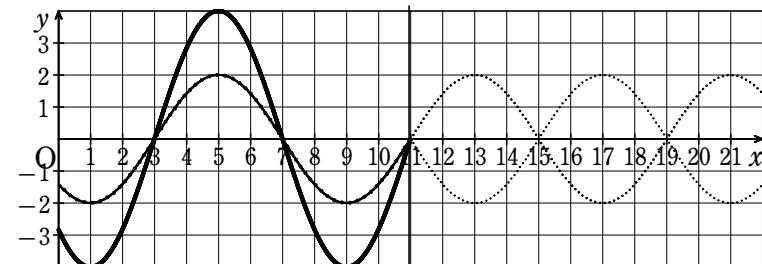


- ④ 時刻  $\frac{3}{4}T$  後の正弦波の波形（実線）、反射波の波形（破線）、合成波の波形（太線）  
 を描け

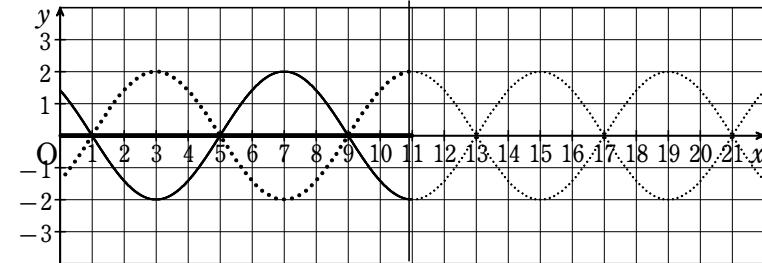


- ⑤ ①～④の合成波のみを下のグラフに書き込め

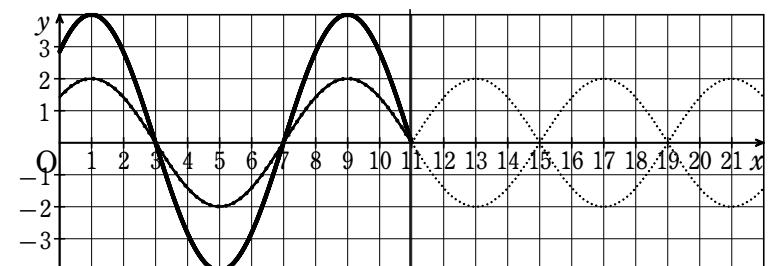
②



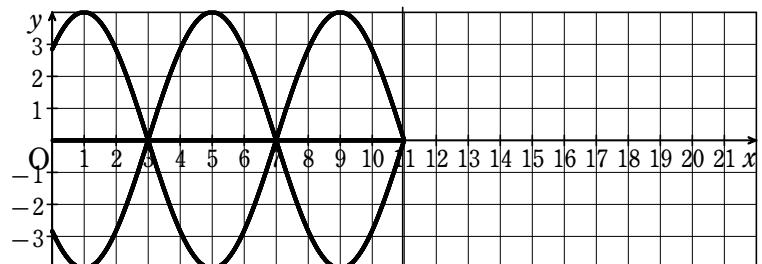
③



④



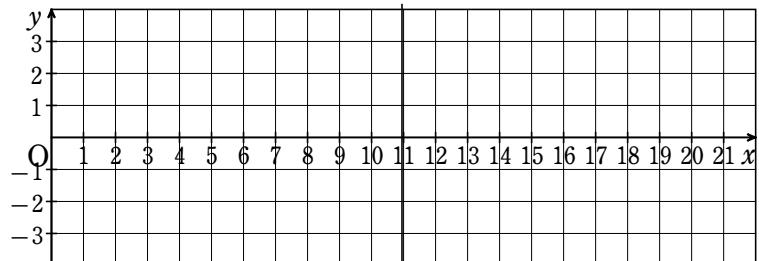
⑤



⑥ 定常波となる ⑦ 腹 1,5,9 節 3,7,11

⑧ 反射面は節

## 定常波・波の反射

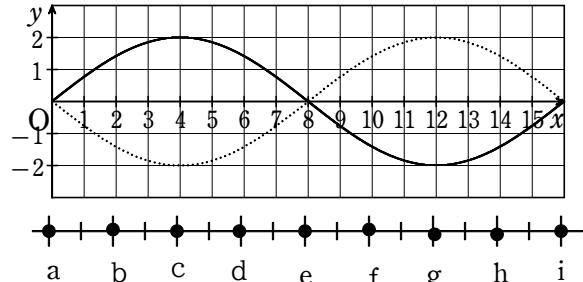


- ⑥ 反射面の左側にできる合成波はどのような波か
- ⑦ 節と腹のx座標をすべて求めよ。
- ⑧ 反射面では節になっているか腹になっているか

### 90. 縦波の定常波

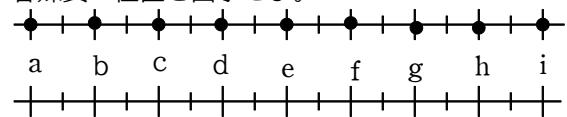
(1) 右の図はa~iの媒質が

定常波で振動している。  
時刻0において各媒質は  
等間隔(2m)に並んでいた。  
グラフは各位置にある媒質  
の右向きの変位を正として  
各媒質の変位を表わしたもの  
である。



実線は1秒後の変位を表わしており、破線は3秒後の変位を表わしている。グラフ1目  
盛りは1mであるとして以下の問いに答えよ。

- ① 節になっている媒質はどれかa~iで答えよ。
- ② 波長は何mか
- ③ 波の周期は何秒か
- ④ 波の速さはいくらか
- ⑤ 1秒後の各媒質の位置を図示せよ。

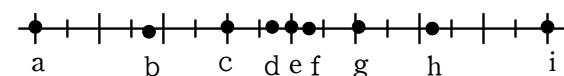


- ⑥ 1秒後に最も密度が高くなっているのはどの媒質の位置か
- ⑦ 3秒後に最も密度が低くなっているのはどの媒質の位置か
- ⑧ 密度変化が最も大きいのはどの媒質の位置か
- ⑨ 密度変化がまったくないのはどの媒質の位置か

### 解説

(1)

- ① a,e,i    ② 16m
- ③ cの媒質に注目すると正の最大変位(位相90°)から負の最大変位まで2秒かかるので周期は4秒
- ④ 16mを4秒で伝わっているので4m/s
- ⑤ a~iの各媒質の当初の位置は  
 $a=0, b=2, c=4, d=6, e=8, f=10, g=12, h=14, i=16$   
1秒後の各媒質の変位は  
 $a=0, b=1.5, c=2, d=1.5, e=0, f=-1.5, g=-2, h=-1.5, i=0,$   
それを加えると  
 $a=0, b=3.5, c=6, d=7.5, e=8, f=8.5, g=10, h=12.5, i=16$



⑥ 上の図より e

- ⑦ 節以外の媒質は半周期後は逆に動いているので密度も逆になる。e
- ⑧ 節の位置は最も高密度と低密度が交互に来るので密度差が最も大きいところになる。a,e,i
- ⑨ 腹の部分はその前後の位相における変位がほとんど同じである。このことはこの周辺の媒質は同じだけ変位していることを意味しており、媒質と媒質の間隔はほとんど変化がないことを意味している。よって、腹の部分が密度変化がほとんどない部分となる。c,g

(2)

- ① 節になっている媒質は常に動いていない媒質である。よって、d,h
- ② 腹になっている媒質は節と節の中間にいる媒質である。b,f
- ③ dとhは80cmの間隔がある。

## 定常波・波の反射

(2) 右図は20cm間隔で並んでいる

媒質が定常波で振動している

様子を1秒ごとに表わしたもの

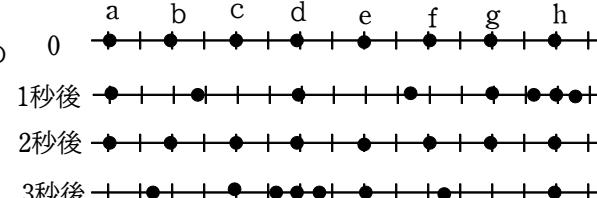
である。

1目盛りは10cmである。

これについて以下の問いに

答えよ。

- ① 節になっている媒質はどれか
- ② 腹になっている媒質はどれか
- ③ 節と節の間隔は何cmか
- ④ この定常波の波長は何cmか
- ⑤ この定常波の周期は何秒か
- ⑥ この媒質を伝わる波の速さはいくらか
- ⑦ この定常波の腹になっている媒質の振幅は何cmか
- ⑧ この元の波の媒質の振幅は何cmか



④ 定常波の節と節の間隔は  $\frac{\lambda}{2}$  なので、  $\frac{\lambda}{2} = 80\text{cm}$  よって、  $\lambda = 160\text{cm}$

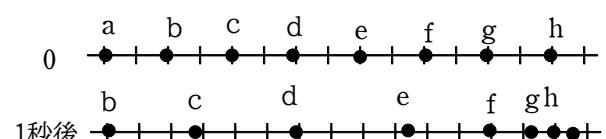
⑤ 0秒後は全媒質変位0である。2秒後にも全媒質変位0になっている。変位0から変位0までは半周期なので1周期は4秒になる。

⑥ 波長160cmを4秒で移動しているので  $\frac{160}{4} = 40\text{cm/s}$

⑦ 右図のhの媒質にλ

注目するとfは右に

20cm動いている。  
振幅20cm



⑧ 元の波の振幅の2倍が定常波の振幅である。  
よって、10cm