学部学科試験・共通テスト併用方式　　（2025年度）

# 学部学科適性試験

| | |
|---|---|
| 実施学部 | 理工学部 |
| 実施学科 | 物質生命理工学科・機能創造理工学科・情報理工学科 |
| 試験時間 | 90分 |
| 試験概要 | 【学部共通試験】物理（物理基礎・物理） |

（この問題冊子は15ページ，４問である。）

## 受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで，問題冊子および解答用紙を開いてはならない。
2. 試験開始前に，試験監督者から指示があったら，解答用紙１ページ目の左上に氏名と受験番号を記入し，所定のマーク欄をぬりつぶすこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，ＨかＦかＨＢの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。
5. マーク式の解答は，解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで，そのマーク欄をぬりつぶすこと。
6. マークをするとき，マーク欄からはみ出したり，白い部分を残したり，文字や番号，〇や×をつけたりしてはならない。また，マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
7. 記述式の解答は，各解答欄にていねいに記入すること。
8. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消したうえで，消しくずはきれいに取り除くこと。
9. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
10. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
11. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
12. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。

$\boxed{1}$ 図1のように，質量 $a \times m$ の物体Aが，$x$ 軸正の方向（水平方向）に進み，質量 $m$ の静止した物体Bに衝突した。物体Bは質量 $c \times m$ の物体Cに長さ $l$ の伸び縮みしない軽い糸で結ばれ，つり下げられている。物体Cもはじめは静止しており，$x$ 軸方向にのびたレールを摩擦なしで運動できるとする。以下の運動において，糸はたるまなかった。重力加速度を $g$ とし，空気抵抗は無視する。なお，〔 5（記述式)〕は解答欄に解答のみを記入せよ。

1. 物体Aの衝突直前の速度を $v_0$ とする。物体Aと物体Bは衝突直後，$x$ 軸方向に動いたが，物体Cは動かなかった。物体Aと物体Bの衝突のはねかえりの係数を $e$ とすると，衝突直後の物体A，物体Bの $x$ 軸方向の速度はそれぞれ〔 1 〕$\times v_0$,〔 2 〕$\times v_0$ である。$a$ と $e$ が〔 3 〕を満たしていると，物体Aは衝突後，反対向きに進む。この衝突で失われた全力学的エネルギーは〔 4 〕$\times \dfrac{mv_0^2}{2}$ である。

2. 1.で求めた衝突直後の物体Bの速度を $u$ とする。衝突後，物体Bは，図2のような支点がレール上を動く振り子の運動となる。物体B，物体Cの $x$ 軸方向の速度をそれぞれ $v$，$V$ とすると,〔 5（記述式)〕が成立する。

   物体Cから糸に沿って距離〔 6 〕$\times l$ の位置での $x$ 軸方向の速度は時間によらず一定であり，その値は〔 7 〕$\times u$ となる。

3. 物体Bがレールにぶつからずに右に振りきれるときの高さは，衝突直後に比べて〔 8 〕$\times \dfrac{u^2}{2g}$ だけ高い。また，物体Bがレールにぶつからないための条件は $u <$〔 9 〕$\times \sqrt{gl}$ である。その後，糸が初めて鉛直に戻ったときの物体Bの速度は〔 10 〕$\times u$ で，そのときの物体Cの速度は〔 11 〕$\times u$ となる。

4. $u$ が小さいとき，衝突直後から測定した物体Cの位置を時間 $t$ の関数で表すと，グラフ〔 12 〕のようになる。また，2.で求めた $x$ 軸方向の速度で移動する系から物体Cの位置を観測すると，グラフ〔 13 〕のようになる。

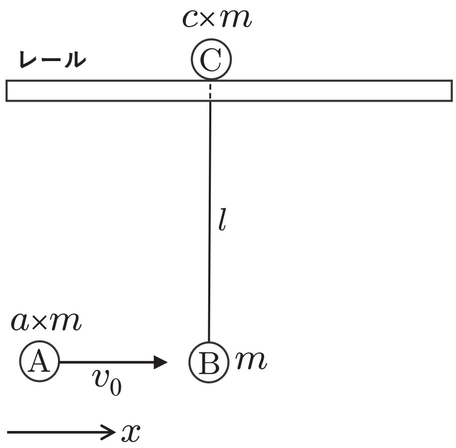



図 1

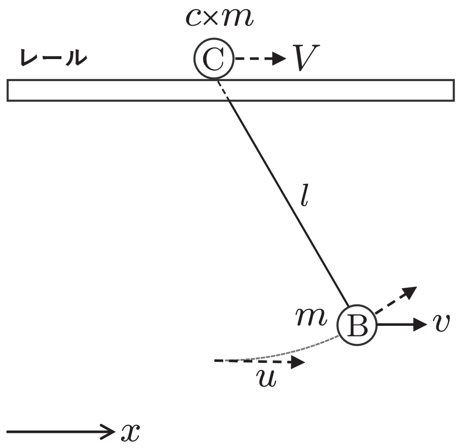



図 2

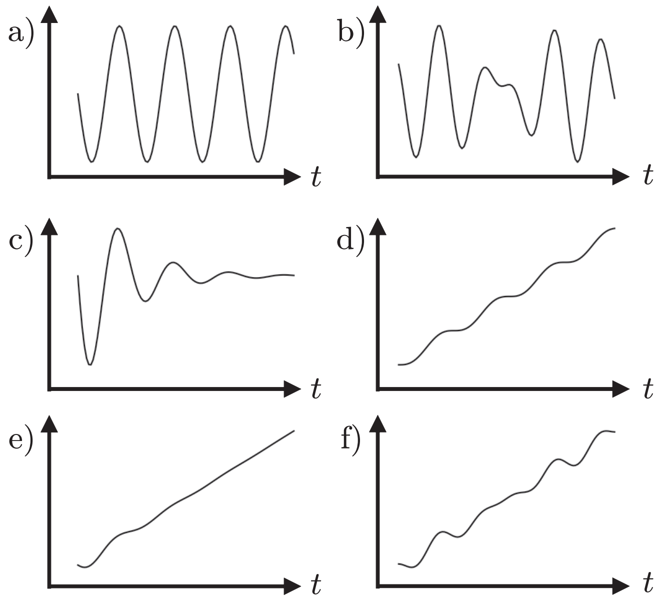
〔　1　〕～〔　4　〕の選択肢

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a) $1$ | b) $\dfrac{a}{a+1}$ | c) $\dfrac{a-e}{a+1}$ | d) $\dfrac{a-2e}{a+1}$ | e) $\dfrac{a(a-e)}{a+1}$ |
| f) $\dfrac{a(1+e)}{a+1}$ | g) $\dfrac{(1+e^2)a}{a+1}$ | h) $\dfrac{(1-e^2)a}{a+1}$ | i) $\dfrac{a-e}{a}$ | j) $\dfrac{a-2e}{a}$ |
| k) $a>e$ | l) $a>2e$ | m) $a=e$ | n) $a<e$ | o) $a<2e$ |

〔　6　〕～〔　11　〕の選択肢

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a) $1$ | b) $c$ | c) $\dfrac{1}{c}$ | d) $\dfrac{c+1}{c}$ | e) $\dfrac{2(c+1)}{c}$ |
| f) $\dfrac{1}{c+1}$ | g) $\dfrac{2}{c+1}$ | h) $\dfrac{c}{c+1}$ | i) $\dfrac{-c+1}{c+1}$ | j) $\sqrt{\dfrac{1}{c}}$ |
| k) $\sqrt{\dfrac{c+1}{c}}$ | l) $\sqrt{\dfrac{2(c+1)}{c}}$ | m) $\sqrt{\dfrac{1}{c+1}}$ | n) $\sqrt{\dfrac{2}{c+1}}$ | o) $\sqrt{\dfrac{c}{c+1}}$ |

〔　12　〕,〔　13　〕の選択肢



（余白ページ）

$\boxed{2}$ 図のように，真空中の $xy$ 平面上に，$x$ 軸方向に長さ $L$，$y$ 軸方向に十分広い区切られた領域 1 から領域 4 がある。領域 1 には $x$ 軸と平行に大きさ $E_0$ の電場が $x$ 軸正の方向に，領域 2 と領域 3 にはそれぞれ異なる磁束密度 $B_0$ と $B_1$ の磁場が紙面に垂直に裏から表の向きに，領域 4 には $E_0$ とは異なる大きさ $E_1$ の電場が $x$ 軸と平行に負の向きに加えられている。また，領域 2 には大きさ $E$ の電場を $y$ 軸に平行に加えることもできる。いま，原点 O にそっとおかれた荷電粒子 A, B, C が領域 1 で $x$ 軸上を正の方向に運動しはじめた。荷電粒子 A の質量と電荷はそれぞれ $m$ と $q$，B は $\dfrac{m}{2}$ と $q$，C は $\dfrac{m}{2}$ と $2q$ である（ただし，$q$ は正）。各領域における電場や磁場は一様である。荷電粒子は互いに反発することなく $xy$ 平面上を運動し，重力の影響も無視できる。

1. 領域 1 において，原点 O から $x$ 軸上を運動する荷電粒子 A, B, C が領域 1 と領域 2 の境界である点 P に到達したときのそれぞれの速さの比 $v_a : v_b : v_c$ は〔　1　〕であり，A, B, C が原点 O から点 P に到達するまでに要した時間の比は〔　2　〕である。

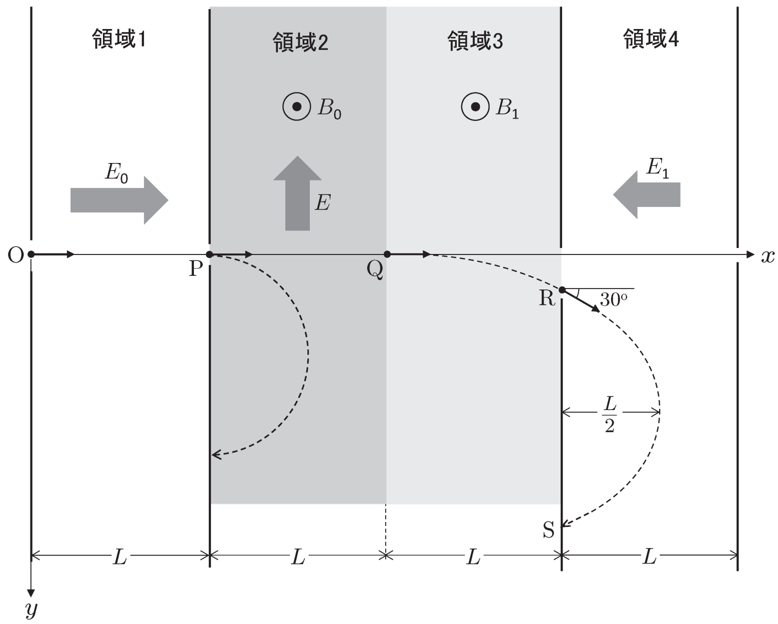
2. 領域 2 で電場 $E$ がない場合，1. の速さの比で点 P から入射したそれぞれの荷電粒子は，半円の軌道を描いて領域 2 の中で運動した。このとき，A, B, C の軌道が描く半円の半径の比は〔　3　〕であり，この半円運動に要した時間の比は〔　4　〕である。また，荷電粒子 A の描く軌道の半径が $\dfrac{L}{2}$ であったとすると，$B_0$ の大きさは,〔　5　〕$\times \dfrac{mv_a}{qL}$ で表せる。

3. 領域 2 において，図のような矢印の方向に $y$ 軸に平行な大きさ $E$ の電場を加えると，1. の速さ $v_a, v_b, v_c$ で領域 2 に入射したそれぞれの荷電粒子のうち荷電粒子 A のみが $x$ 軸上を直進し，領域 2 と領域 3 の境界である点 Q に到達した。このとき加えた電場の大きさ $E$ は,〔　6　〕$\times v_a B_0$ であった。

4. 3. において，速さ $v_a$ で $x$ 軸上を直進し点 Q を通過した荷電粒子 A は，$B_0$ とは異なる磁束密度 $B_1$ の磁場が加えられた領域 3 へと入射し，図のように $x$ 軸方向に対して $30^\circ$ の角度で領域 3 と領域 4 の境界上の点 R に

到達した。このとき，点Rの $y$ 座標は〔　7　〕$\times L$ であり，点Qを通過してから点Rに到達するまでに要した時間は〔　8　〕$\times \dfrac{\pi L}{v_a}$ である。

5. 点Rから領域4に入射した荷電粒子Aは，図のように大きさ $E_1$ の電場により領域3との境界線から $x$ 軸方向に $\dfrac{L}{2}$ だけ離れた頂点を通る放物運動をして領域3と領域4の境界上の点Sに到達した。荷電粒子Aが点Rを通過してから点Sに到達するまでに要する時間は〔　9　〕$\times \dfrac{mv_a}{qE_1}$ であり，点RS間の距離は〔　10　〕$\times \dfrac{mv_a^2}{qE_1}$ である。




図

〔　1　〕～〔　4　〕の選択肢

a)　$1:2:4$　　b)　$1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$　　c)　$1:\sqrt{2}:2$　　d)　$1:\frac{\sqrt{2}}{2}:\frac{1}{2}$

e)　$1:\sqrt{2}:4$　　f)　$1:\frac{\sqrt{2}}{2}:\frac{1}{4}$　　g)　$1:4:8$　　h)　$1:\frac{1}{4}:\frac{1}{8}$

〔　5　〕,〔　6　〕,〔　8　〕～〔　10　〕の選択肢

a)　$1$　　b)　$2$　　c)　$3$　　d)　$4$　　e)　$8$

f)　$\frac{1}{2}$　　g)　$\frac{3}{2}$　　h)　$\frac{5}{2}$　　i)　$\frac{1}{3}$　　j)　$\frac{2}{3}$

k)　$\frac{4}{3}$　　l)　$\frac{8}{3}$　　m)　$\frac{1}{4}$　　n)　$\frac{3}{4}$　　o)　$\frac{1}{6}$

p)　$\frac{\sqrt{2}}{2}$　　q)　$\sqrt{2}$　　r)　$2\sqrt{2}$　　s)　$3\sqrt{2}$　　t)　$\frac{\sqrt{3}}{2}$

u)　$\sqrt{3}$　　v)　$2\sqrt{3}$　　w)　$3\sqrt{3}$　　x)　$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　y)　$\frac{2\sqrt{3}}{3}$

z)　$\frac{4\sqrt{3}}{3}$

〔　7　〕の選択肢

a)　$2-\sqrt{2}$　　b)　$2+\sqrt{2}$　　c)　$2-\sqrt{3}$　　d)　$2+\sqrt{3}$

e)　$\frac{2-\sqrt{2}}{2}$　　f)　$\frac{2+\sqrt{2}}{2}$　　g)　$\frac{2-\sqrt{3}}{2}$　　h)　$\frac{2+\sqrt{3}}{2}$

（余白ページ）

**3** 図 1 のように，断面の面積が $S$，長さが $L$ のシリンダー内部が，気密性を保ったまま滑らかに動く軽いピストンにより部屋 A, B に区切られている。シリンダーの両端とピストンは長さ $\frac{3}{4}L$ の軽く伸びない糸で結ばれているため，ピストンは糸の長さで定められる範囲しか移動できない。ピストンおよびシリンダーは熱を通さないが，ピストンには気体は通さずに熱のみを通す熱交換孔が，部屋 A には外部と熱をやり取りするための小さな熱交換器が取り付けられている。熱交換孔は，それを開けた状態では，熱はゆっくりと高温部から低温部へ移動できるが，閉めた状態では熱は移動できない。いま，部屋 A, B それぞれに $\frac{2}{3}$ モル，$\frac{1}{3}$ モルの単原子分子理想気体を封入した。ピストンと糸の熱容量，ピストンの厚みは無視できるとする。また, 気体定数を $R$ とする。なお,〔 2（記述式)〕,〔 4（記述式)〕,〔 9（記述式)〕は解答欄に解答のみを記入せよ。

1. はじめの状態（状態 1 とする）では，ピストンに取り付けた熱交換孔は閉じてあり，ピストンは部屋 B の糸のたるみがちょうどなくなり糸の張力がゼロの状態で静止していた（図 2)。このときの部屋 B の気体の温度を $T_0$ とすると，部屋 A の気体の温度は〔　1　〕$\times T_0$，両部屋の気体の圧力はともに〔 2（記述式)〕である。

2. 状態 1 から，部屋 A にある熱交換器を通して気体から $\frac{1}{15}RT_0$ の大きさの熱量をうばったところ，ピストンは図 2 の位置から変化しなかった。この状態を状態 2 とする。状態 2 では，部屋 A の気体の温度は〔　3　〕$\times T_0$ であり，部屋 B にある糸の張力は〔 4（記述式)〕である。

3. 状態 2 からピストンに取り付けた熱交換孔を開けたところ，ピストンはゆっくりと移動し，やがて静止した（図 3)。この状態を状態 3 とする。状態 3 において，部屋 A の体積は〔　5　〕$\times LS$ であり，部屋 A の気体の温度は〔　6　〕$\times T_0$ である。状態 2→3 の過程で部屋 A の気体が吸収した熱量から, 部屋 A の気体が部屋 B の気体にした仕事量を引いた値は〔　7　〕$\times RT_0$ である。

ピストンに取り付けた熱交換孔を閉じ，ピストンの位置および気体の状態をはじめの状態（状態 1）に戻した。

4. 部屋 A にある熱交換器を通して外部から熱を供給したところ，ピストンはゆっくりと移動し，部屋 A の糸のたるみがちょうどなくなった位置でピストンは静止した（図 4）。このとき，部屋 A の気体の温度は $\frac{9}{4}T_0$ であった。この状態を状態 4 とする。状態 4 における部屋 B の気体の温度は〔　8　〕$\times T_0$ であり，両部屋の気体の圧力は〔 9（記述式）〕である。また，この状態 1→4 の過程で熱交換器を通して外部から移動した熱量の大きさは〔　10　〕$\times RT_0$ であり，部屋 A の気体が部屋 B の気体にした仕事の大きさは〔　11　〕$\times RT_0$ である。

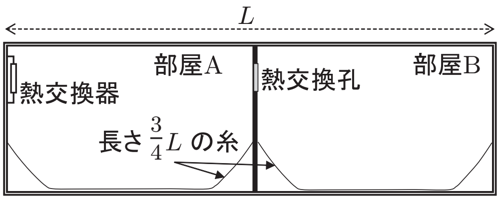


図 1

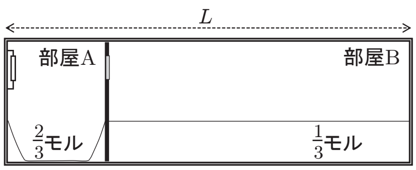


図 2 （状態 1，状態 2）

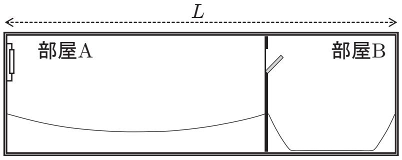


図 3（状態 3）

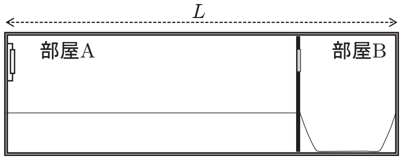


図 4 （状態 4）

〔　1　〕,〔　3　〕,〔　5　〕 ～ 〔　8　〕,〔　10　〕,〔　11　〕の選択肢

a) $0$　b) $1$　c) $2$　d) $3$　e) $\frac{1}{2}$

f) $\frac{3}{2}$　g) $\frac{1}{3}$　h) $\frac{2}{3}$　i) $\frac{4}{3}$　j) $\frac{5}{3}$

k) $\frac{7}{3}$　l) $\frac{8}{3}$　m) $\frac{1}{4}$　n) $\frac{3}{4}$　o) $\frac{1}{5}$

p) $\frac{2}{5}$　q) $\frac{3}{5}$　r) $\frac{4}{5}$　s) $\frac{1}{6}$　t) $\frac{5}{6}$

u) $\frac{1}{10}$　v) $\frac{3}{10}$　w) $\frac{7}{10}$　x) $\frac{1}{15}$　y) $\frac{2}{15}$

z) $\frac{4}{15}$

（余白ページ）

4 以下のような振動数 $f$，速さ $v$，振幅 $A$ の 3 つの正弦波かつ平面波を考える。

- 波 1 は図 1 のように $x$ 軸に平行な方向に進む。
- 波 2 は図 2 のように $x$ 軸に対して角度 $\theta$ 傾いた方向に進む。
- 波 3 は図 3 のように $x$ 軸に対して角度 $-\theta$ 傾いた方向に進む。

いずれも時刻 $t=0$ で原点における変位が最大となった。波が伝わることによる振幅の減衰は無いものとする。

以下ではまず，図 4 に示されているような，原点を通り $x$ 軸に対して角度 $\theta$ 傾いた直線 L 上にある点 $\mathrm{P}(x_0,\ y_0)$，および，点 $\mathrm{Q}(x_0,\ 0)$，点 $\mathrm{R}(0,\ y_0)$（ただし，$x_0$ と $y_0$ は正）での波の変位が時間とともにどう変化するかを考察する。なお，必要ならば，次の三角関数の公式を用いること。

$$\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta$$
$$\cos(\alpha-\beta)=\cos\alpha\cos\beta+\sin\alpha\sin\beta$$

1. 波 1 のみが存在する場合，点 Q での変位は時間とともに，
   $A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 1\ \ 〕\times x_0)\}$ に従って変化する。

2. 原点 O から点 P までの距離は，$\cos\theta\times x_0+〔\ \ 2\ \ 〕\times y_0$ である。この結果を利用すると，波 2 のみが存在する場合，点 P での変位は，$A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 3\ \ 〕\times x_0-〔\ \ 4\ \ 〕\times y_0)\}$ と表せることがわかる。また，点 Q，点 R での変位は，それぞれ以下に従って変化する。
   点 Q：$A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 5\ \ 〕\times x_0)\}$
   点 R：$A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 6\ \ 〕\times y_0)\}$

3. 直線 L 上にない点 $(x_1,\ y_1)$ から L におろした垂線の足を点 H とする（図 5)。原点 O から H までの距離は〔 7 〕$\times x_1+$〔 8 〕$\times y_1$ と書けることから，波 2 のみが存在するときの点 $(x_1,\ y_1)$ の変位は以下となる。ただし，$x_1$ と $y_1$ は正とする。
   $A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 9\ \ 〕\times x_1-〔\ \ 10\ \ 〕\times y_1)\}$

4. 波 3 のみが存在する場合，点 P での変位は以下となる。
   $A\cos\{2\pi f\times(t-〔\ \ 11\ \ 〕\times x_0+〔\ \ 12\ \ 〕\times y_0)\}$

5. 波 2 と波 3 が同時に存在する場合，点 Q，点 R での変位はそれぞれ以下に従って変化する。

点 Q : $2A\cos\{2\pi f\times(t-〔\quad 13\quad 〕\times x_0)\}$

点 R : $2A\cos(2\pi ft)\times\cos(2\pi f\times〔\quad 14\quad 〕\times y_0)$

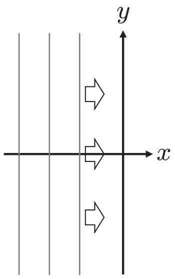



図 1（波 1）

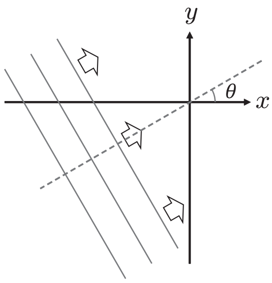



図 2（波 2）

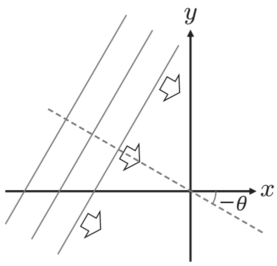



図 3（波 3）

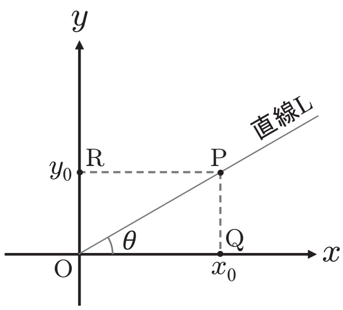



図 4

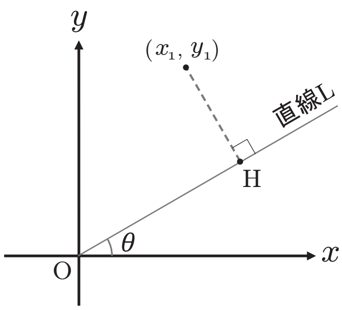



図 5

〔 1 〕～〔 14 〕の選択肢

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | $\cos\theta$ | b) | $\sin\theta$ | c) | $\tan\theta$ | d) | $\dfrac{1}{\cos\theta}$ | e) | $\dfrac{1}{\sin\theta}$ |
| f) | $\dfrac{1}{\tan\theta}$ | g) | $v\cos\theta$ | h) | $v\sin\theta$ | i) | $v\tan\theta$ | j) | $\dfrac{v}{\cos\theta}$ |
| k) | $\dfrac{v}{\sin\theta}$ | l) | $\dfrac{v}{\tan\theta}$ | m) | $\dfrac{\cos\theta}{v}$ | n) | $\dfrac{\sin\theta}{v}$ | o) | $\dfrac{\tan\theta}{v}$ |
| p) | $\dfrac{1}{v\cos\theta}$ | q) | $\dfrac{1}{v\sin\theta}$ | r) | $\dfrac{1}{v\tan\theta}$ | s) | $v$ | t) | $\dfrac{1}{v}$ |