

# 物 理

## 注 意

1. 問題は全部で10ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。(ただし、マーク・シートにはあらかじめ受験番号がプリントされている。)
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 問題冊子の余白は計算に利用してよい。
5. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。

### マーク・シート記入上の注意

1. 解答用紙(その1)はマーク・シートになっている。**HB**の黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の○を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答がイのとき)

1	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト
	●	○	○	○	○	○	○

4. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

- 1 空欄(1)～(6)にあてはまる式、および空欄(ア)～(カ)にあてはまる数値を、それぞれ解答群から選び解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。また、問1—1の解答を解答用紙(その2)に記入せよ。

図1—1のように、傾きが $30^\circ$ の斜面上のP地点に物体Aを置き、静かにこれを放したところ物体Aは斜面をすべり落ちた。Q地点では速さを変えず、その後水平な床上をすべっていった。そして、物体Aは静止した物体BとO地点において衝突した。

物体Aの質量を $2m$ 、物体Bの質量を $m$ とし、これらの物体の大きさは無視できるものとする。重力加速度を $g$ とする。物体A、Bと斜面および床の静止摩擦係数はすべて $\mu$ とする。

- 図1—1のように物体Aを斜面に置いて静かに放したときに、この物体が斜面をすべり始めるための条件は   である。

物体A、Bと斜面および床の動摩擦係数はすべて $\mu' = \frac{1}{2\sqrt{3}}$ とする。

- 物体AがQ地点を通過したときの速さを $V_1$ とする。PQ間の距離 $L_1$ は、 $L_1 =$    $\times$   とあらわされる。
- 物体AがPQ間を移動する間に失った力学的エネルギーは   $\times$   である。
- QO間の距離を $L_2$ とする。物体Aが物体Bに衝突する直前の速さを $V_2$ とすると、 $L_2 =$    $\times$   である。
- 物体AがQO間を移動する間に失った力学的エネルギーは   $\times$   である。

物体Aと物体Bの間のはねかえり係数を $e = \frac{1}{2}$ とする。

- 衝突後、物体Bは距離 $L_B$ だけ移動して静止した。 $L_B =$    $\times$   である。

物体AとBが衝突したO地点を $x$ 座標の原点にとり、図1—1の右方向を $x$ 軸の正の方向にする。衝突した時刻を $t = 0$ とし、物体Bが静止した時刻を $T_B$ とする。時刻 $t \geq 0$ における物体A、Bの位置座標をそれぞれ $x_A(t)$ 、 $x_B(t)$ とし、またその速度をそれぞれ $v_A(t)$ 、 $v_B(t)$ とする。

問 1-1 解答用紙(その2)の図1-2に, 物体AおよびBが静止するまでの  $x_A(t)$  と  $x_B(t)$  のグラフを描け。また, 解答用紙(その2)の図1-3に, 物体AおよびBが静止するまでの  $v_A(t)$  と  $v_B(t)$  のグラフを描け。ただし, 図1-2には  $T_B$  と  $L_B$  が, 図1-3には  $T_B$  と  $V_2$  が, それぞれあらかじめ記入されていることに注意せよ。

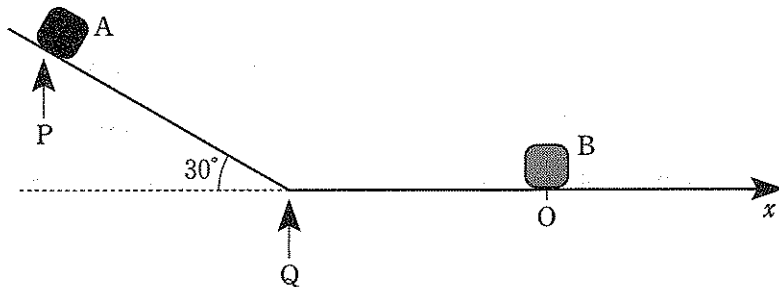


図 1-1

(1)の解答群

- (a)  $\mu <$                       (b)  $\mu >$

(2)~(6)の解答群

- |                        |                        |                                |                                |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| (a) $\frac{V_1}{g}$    | (b) $\frac{V_2}{g}$    | (c) $\frac{V_1 + V_2}{g}$      | (d) $\frac{V_1 - V_2}{g}$      |
| (e) $\frac{V_1^2}{g}$  | (f) $\frac{V_2^2}{g}$  | (g) $\frac{V_1^2 + V_2^2}{g}$  | (h) $\frac{V_1^2 - V_2^2}{g}$  |
| (i) $\frac{V_1^2}{mg}$ | (j) $\frac{V_2^2}{mg}$ | (k) $\frac{V_1^2 + V_2^2}{mg}$ | (l) $\frac{V_1^2 - V_2^2}{mg}$ |
| (m) $mV_1$             | (n) $mV_2$             | (o) $m(V_1 + V_2)$             | (p) $m(V_1 - V_2)$             |
| (q) $mV_1^2$           | (r) $mV_2^2$           | (s) $m(V_1^2 + V_2^2)$         | (t) $m(V_1^2 - V_2^2)$         |
| (u) $mgV_1$            | (v) $mgV_2$            | (w) $mg(V_1 + V_2)$            | (x) $mg(V_1 - V_2)$            |

(ア)~(カ)の解答群

- |                           |                           |                            |                          |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| (a) $\frac{1}{4}$         | (b) $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ | (c) $\frac{1}{2}$          | (d) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ |
| (e) 1                     | (f) $\sqrt{3}$            | (g) 2                      | (h) $2\sqrt{3}$          |
| (i) 4                     | (j) $-\frac{1}{4}$        | (k) $-\frac{1}{2\sqrt{3}}$ | (l) $-\frac{1}{2}$       |
| (m) $-\frac{1}{\sqrt{3}}$ | (n) -1                    | (o) $-\sqrt{3}$            | (p) -2                   |
| (q) $-2\sqrt{3}$          | (r) -4                    |                            |                          |

2 以下の文章を読み、空欄(a)~(i)にあてはまる最も適切な解答を解答群から選び、解答用紙(その1)の所定の位置にマークせよ。また、問2—1の答を解答用紙(その2)の該当する解答欄に記入せよ。

以下では真空中での荷電粒子の運動を考える。なお重力の影響は無視できるものとする。

図2—1のように、一辺の長さが $\ell$ の正方形ACDEの領域を考え、線分AC、DEの中点をそれぞれF、Gとする。直線FGより上の領域1には磁束密度 $B_1$ の様な磁場が、直線FGより下の領域2には磁束密度 $B_2$ の様な磁場が、それぞれ紙面裏から表へむかって紙面に垂直にかかっている。

線分CD、FGの中点をそれぞれO、Pとする。厚みの無視できる2枚の金属平板を、間隔 $d$ で紙面に垂直に、かつ線分OPに平行になるように置いた。線分OPは2枚の金属平板の中央にある。図2—1のように金属平板間に電圧 $V$ をかけ、金属平板にはさまれた領域内に様な電場を発生させる。 $d$ は $\ell$ に比べて十分小さく、また、金属平板に囲まれた領域の外部では電場は無視できる。

質量 $m$ 、電荷 $q(>0)$ をもち、大きさを無視できる荷電粒子が点OからPに向かう方向へ速さ $v_0$ で発射された。以後、荷電粒子は紙面内のみを運動する。電圧を調整し、 $V = \boxed{\text{(a)}}$  とすると、荷電粒子は直進し点Pに到達した。点Pで線分FGを横切って領域1に入った荷電粒子は、半径 $r_1 = \boxed{\text{(b)}}$ の半円を描いて再び線分FGを横切り領域2に戻った。このことから $r_1 \leq \boxed{\text{(c)}} \times \ell$ である。この条件より、 $v_0$ は $\boxed{\text{(d)}}$ をみたす。

以下では $B_1 < B_2$ とする。線分FGを横切って領域2に戻った荷電粒子は半径 $r_2 = \boxed{\text{(e)}}$ の半円を描き、金属平板にぶつかることなく線分FGを横切り、再び領域1に入った。このことから $v_0$ は $\boxed{\text{(f)}}$ をみたす。

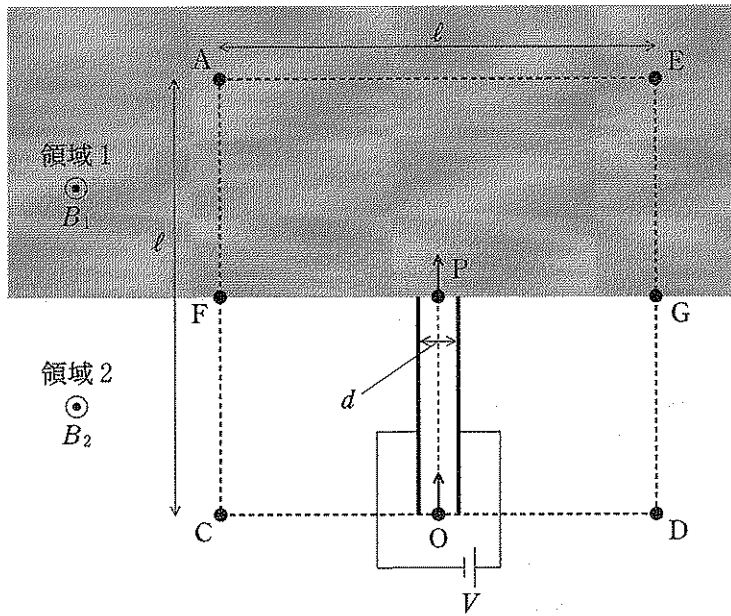


図 2-1

このあとも荷電粒子は運動を続け、線分 FG を次々に横切り、最後に線分 (g) を横切って正方形 ACDE の外の領域へ出た。特に、荷電粒子が線分 (g) を垂直に横切るための条件は、 $l$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、および自然数  $n (= 1, 2, 3, \dots)$  を用いて (h) とあらわされる。 $B_2 = 2B_1$ 、 $v_0 =$  (i) のとき、 $n = 3$  の運動が観測された。

問 2-1 このとき、点 O を発射してから線分 (g) を垂直に横切るまでの荷電粒子の軌道を、解答用紙(その 2)の図 2-2 に描け。

空欄(a)に対する解答群

- |                         |                          |                          |                          |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (ア) $qv_0B_2d$          | (イ) $\frac{mv_0}{qB_2d}$ | (ウ) $\frac{d}{v_0B_2}$   | (エ) $\frac{qv_0d}{B_2}$  |
| (オ) $v_0B_2d$           | (カ) $\frac{v_0B_2d}{m}$  | (キ) $\frac{mv_0}{qB_2}$  | (ク) $\frac{B_2}{qv_0d}$  |
| (コ) $mv_0B_2$           | (ク) $\frac{v_0B_2}{d}$   | (ケ) $\frac{v_0d}{B_2}$   | (セ) $\frac{qB_2d}{mv_0}$ |
| (ソ) $\frac{qB_2}{mv_0}$ | (セ) $\frac{qv_0B_2}{d}$  | (ソ) $\frac{qv_0B_2d}{m}$ | (タ) $\frac{B_2}{v_0d}$   |

空欄(b), (e)に対する解答群

(ア) $\frac{qB_1}{mv_0}$	(イ) $\frac{qB_1}{2mv_0}$	(ウ) $\frac{2qB_1}{mv_0}$	(エ) $\frac{q^2B_1}{mv_0}$
(オ) $\frac{mv_0}{qB_1}$	(カ) $\frac{2mv_0}{qB_1}$	(キ) $\frac{mv_0}{2qB_1}$	(ク) $\frac{mv_0}{q^2B_1}$
(ケ) $\frac{qB_2}{mv_0}$	(コ) $\frac{qB_2}{2mv_0}$	(サ) $\frac{2qB_2}{mv_0}$	(シ) $\frac{q^2B_2}{mv_0}$
(ス) $\frac{mv_0}{qB_2}$	(セ) $\frac{2mv_0}{qB_2}$	(ソ) $\frac{mv_0}{2qB_2}$	(タ) $\frac{mv_0}{q^2B_2}$

空欄(c)に対する解答群

(ア)  $\frac{1}{4}$  (イ)  $\frac{1}{3}$  (ウ)  $\frac{1}{2}$  (エ) 1 (オ) 2 (カ) 3 (キ) 4

空欄(d)に対する解答群

(ア) $v_0 \geq \frac{qB_1}{m\ell}$	(イ) $v_0 \geq \frac{2qB_1}{m\ell}$	(ウ) $v_0 \geq \frac{3qB_1}{m\ell}$
(エ) $v_0 \geq \frac{4qB_1}{m\ell}$	(オ) $v_0 \geq \frac{qB_1}{2m\ell}$	(カ) $v_0 \geq \frac{qB_1}{3m\ell}$
(キ) $v_0 \geq \frac{qB_1}{4m\ell}$	(ク) $v_0 \geq \frac{q^2B_1}{2m\ell}$	(ケ) $v_0 \leq \frac{qB_1\ell}{m}$
(コ) $v_0 \leq \frac{2qB_1\ell}{m}$	(サ) $v_0 \leq \frac{3qB_1\ell}{m}$	(シ) $v_0 \leq \frac{4qB_1\ell}{m}$
(ス) $v_0 \leq \frac{qB_1\ell}{2m}$	(セ) $v_0 \leq \frac{qB_1\ell}{3m}$	(ソ) $v_0 \leq \frac{qB_1\ell}{4m}$
(タ) $v_0 \leq \frac{q^2B_1\ell}{2m}$		

空欄(f)に対する解答群

(ア) $v_0 > \frac{qB_1B_2d}{(B_2 - B_1)m}$	(イ) $v_0 > \frac{2qB_1B_2d}{(B_2 - B_1)m}$
(ウ) $v_0 > \frac{3qB_1B_2d}{(B_2 - B_1)m}$	(エ) $v_0 > \frac{4qB_1B_2d}{(B_2 - B_1)m}$
(オ) $v_0 > \frac{qB_1B_2d}{2(B_2 - B_1)m}$	(カ) $v_0 > \frac{qB_1B_2d}{3(B_2 - B_1)m}$
(キ) $v_0 > \frac{qB_1B_2d}{4(B_2 - B_1)m}$	(ク) $v_0 > \frac{q^2B_1B_2d}{2(B_2 - B_1)m}$
(ケ) $v_0 < \frac{q(B_2 - B_1)}{md}$	(コ) $v_0 < \frac{2q(B_2 - B_1)}{md}$
(サ) $v_0 < \frac{3q(B_2 - B_1)}{md}$	(セ) $v_0 < \frac{4q(B_2 - B_1)}{md}$
(ス) $v_0 < \frac{q(B_2 - B_1)}{2md}$	(セ) $v_0 < \frac{q(B_2 - B_1)}{3md}$
(ソ) $v_0 < \frac{q(B_2 - B_1)}{4md}$	(タ) $v_0 < \frac{2q^2(B_2 - B_1)}{md}$

空欄(g)に対する解答群

(ア) AF	(イ) FC	(ウ) CO	(エ) OD
(オ) DG	(カ) GE	(キ) EA	

空欄(h)に対する解答群

(ア) $2nr_1 - 2nr_2 = \frac{\ell}{2}$	
(イ) $(2n - 1)r_1 - (2n - 1)r_2 = \frac{\ell}{2}$	
(ウ) $(2n + 1)r_1 - 2nr_2 = \frac{\ell}{2}$	(エ) $(2n - 1)r_1 + 2nr_2 = \frac{\ell}{2}$
(オ) $2nr_1 - (2n + 1)r_2 = \frac{\ell}{2}$	(カ) $2nr_1 + (2n - 1)r_2 = \frac{\ell}{2}$
(キ) $(2n + 1)r_2 - 2nr_1 = \frac{\ell}{2}$	(ク) $2nr_2 - 2nr_1 = \frac{\ell}{2}$
(ケ) $2nr_2 - (2n - 1)r_1 = \frac{\ell}{2}$	

空欄(i)に対する解答群

(ア) $\frac{qB_1\ell}{5m}$	(イ) $\frac{qB_1\ell}{6m}$	(ウ) $\frac{qB_1\ell}{8m}$	(エ) $\frac{qB_1\ell}{16m}$	(オ) $\frac{qB_1\ell}{19m}$
(カ) $\frac{12qB_1}{m\ell}$	(キ) $\frac{14qB_1}{m\ell}$	(ク) $\frac{16qB_1}{m\ell}$	(ケ) $\frac{32qB_1}{m\ell}$	(コ) $\frac{34qB_1}{m\ell}$

3 空気中の音波に関する以下の文章を読み、空欄(ア)~(オ)にあてはまる解答を解答群より選び、解答用紙(その1)の解答欄の記号をマークせよ。以下の設問において、節を  $n$  個持つ定常波の波長および振動数をそれぞれ  $\lambda_n$  および  $f_n$  とあらわす。ここで  $n = 1, 2, 3, \dots$  である。音速は  $V$  とする。また、定常波ができる場合、開口端には必ず腹ができるものとする。

- (1) 図3-1(a)のような気柱の長さが  $d$  の閉管がある。この閉管に音波の定常波ができる場合、その波長をあらわす式は  である。また、この定常波の振動数は  である。
- (2) 図3-1(b)のような気柱の長さが  $d$  の開管がある。この開管に音波の定常波ができる場合、その波長をあらわす式は  である。また、この定常波の振動数は  である。
- (3) 図3-1(c)のようにスピーカーを開管の開口付近におき、発振音の振動数を0から徐々に大きくしていった。最初に聞こえる開管の共鳴音の波長は  である。

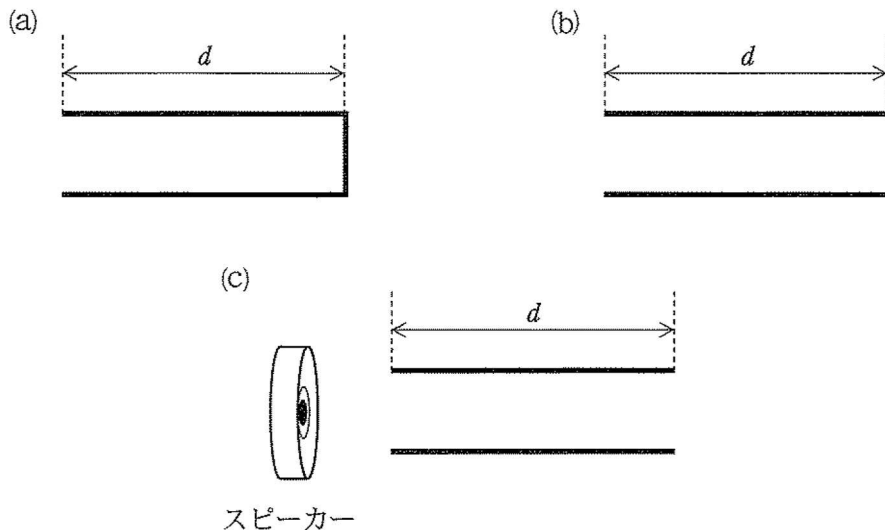


図3-1



(ア)～(エ)の解答群

- |                                  |                                 |                                |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ① $\lambda_n = \frac{n-1}{4d}$   | ② $\lambda_n = \frac{2d}{2n-1}$ | ③ $\lambda_n = \frac{2d}{n-1}$ |
| ④ $\lambda_n = \frac{4d}{2n-1}$  | ⑤ $\lambda_n = \frac{d}{n}$     | ⑥ $\lambda_n = \frac{n}{2d}$   |
| ⑦ $\lambda_n = \frac{2d}{n}$     | ⑧ $\lambda_n = \frac{2d}{n+1}$  | ⑨ $\lambda_n = \frac{4d}{n+1}$ |
| ⑩ $\lambda_n = \frac{d+1}{2n+1}$ | ⑪ $f_n = \frac{n}{4d} V$        | ⑫ $f_n = \frac{2n-1}{4d} V$    |
| ⑬ $f_n = \frac{3n}{2d} V$        | ⑭ $f_n = \frac{n}{2d} V$        | ⑮ $f_n = \frac{n+1}{2d} V$     |
| ⑯ $f_n = \frac{n}{2d+1} V$       | ⑰ $f_n = \frac{n+1}{d} V$       | ⑱ $f_n = \frac{2n+1}{2d} V$    |
| ⑲ $f_n = \frac{n+2}{d} V$        | ⑳ $f_n = \frac{d}{2n+1} V$      |                                |

(オ)の解答群

- |        |                  |                  |                  |
|--------|------------------|------------------|------------------|
| ① $5d$ | ② $4d$           | ③ $3d$           | ④ $2d$           |
| ⑤ $d$  | ⑥ $\frac{1}{2}d$ | ⑦ $\frac{1}{3}d$ | ⑧ $\frac{1}{4}d$ |

(4) 2つの同じおんさの共鳴箱の口を向かいあわせておき、一方のおんさを鳴らすと、もう一方のおんさも共鳴して鳴るようになる。類似の共鳴現象が以下の2種類の管を用いて観測された場合を考えよう。

まず、気柱の長さが  $K$  の開管 X の開口付近にスピーカー S0 を置いて発振音の振動数を 0 から徐々に大きくし、2 回目に共鳴する音が聞こえたときに発振音の振動数を固定した。

この後、図 3-2 のように、開管 X のもう一方の開口付近に気柱の長さを調節できる閉管を、開管 X と閉管の軸が一致するように置き、閉管の気柱の長さを 0 cm から徐々に大きくしていったところ、閉管の気柱の長さが 15 cm のときにはじめて閉管に共鳴音が聞こえた。この測定で用いた開管 X の気柱の長さは  $K = \boxed{\text{(カ)}}$  cm である。

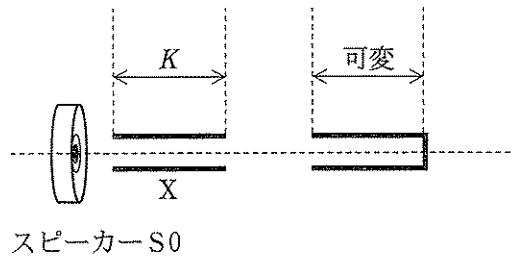


図 3—2

(5) 今度は、図 3—3 のように長さが  $L$  の開管 A と長さが  $H$  の開管 B を、開管の中心軸が一致するように適当な間隔で置いた。それぞれの開管の開口付近にはスピーカー S1 および S2 を置いた。開管 A の気柱はスピーカー S1 からの音波によって共鳴し、開管 B の気柱はスピーカー S2 からの音波によって共鳴するものとする。それぞれのスピーカーからの発振音の振動数を 0 から徐々に大きくしていき、それぞれの開管に 2 回目の共鳴音が聞こえた時点で振動数を固定した。

この操作をおこなったあとに開管 A と B の間で音の大きさを測定したところ、うなりが周期  $T$  で聞こえた。 $L$  の長さが与えられているとき、開管 B の長さ  $H$  として考えられる解は  通りあり、この中で最も小さい値は  である。

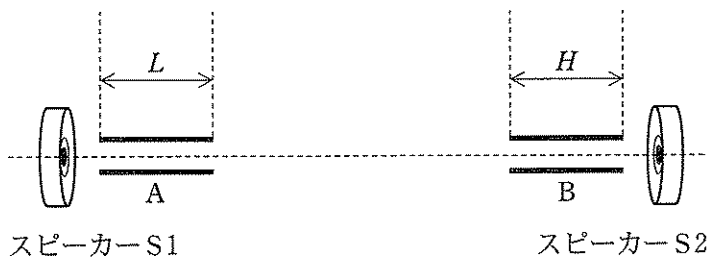


図 3—3

(ク)の解答群

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 10 | ② 15 | ③ 20 | ④ 25 |
| ⑤ 30 | ⑥ 35 | ⑦ 40 | ⑧ 45 |
| ⑨ 50 | ⑩ 55 | ⑪ 60 | ⑫ 65 |

(キ)の解答群

- |     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| ① 1 | ② 2  | ③ 3  | ④ 4  |
| ⑤ 5 | ⑥ 6  | ⑦ 7  | ⑧ 8  |
| ⑨ 9 | ⑩ 10 | ⑪ 11 | ⑫ 12 |

(ク)の解答群

- |                         |                          |                          |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{LVT}{TV + L}$  | ② $\frac{LVT}{2TV + L}$  | ③ $\frac{LVT}{3TV + L}$  |
| ④ $\frac{LVT}{4TV + L}$ | ⑤ $\frac{LVT}{TV - L}$   | ⑥ $\frac{LVT}{2TV - L}$  |
| ⑦ $\frac{LVT}{3TV - L}$ | ⑧ $\frac{LVT}{4TV - L}$  | ⑨ $\frac{LVT}{TV + 2L}$  |
| ⑩ $\frac{LVT}{TV - 2L}$ | ⑪ $\frac{LVT}{2TV - 2L}$ | ⑫ $\frac{LVT}{2TV + 2L}$ |

