



理 科 問 題

注 意

1. この問題冊子は 53 ページあります。解答用紙には、表と裏があります。
2. あなたの受験番号は解答用紙に印刷されています。印刷されている受験番号と、受験票の受験番号が一致していることを確認下さい。
3. 解答用紙の所定の欄に氏名を記入下さい。
4. 問題は物理 3 題(A, B, C), 化学 3 題(D, E, F)の合計 6 題からなっています。
5. この 6 題のうちから 3 題を任意に選択して解答下さい。
4 題以上解答した場合には、すべての解答が無効になります。
6. 解答はすべて解答用紙の所定の欄にマークするか、または所定の欄に書き下さい。
7. 1 問につき 2 つ以上マークしないこと。2 つ以上マークした場合には、その解答は無効になります。
8. 解答は、必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれも HB・黒)で記入下さい。
9. 訂正するときは、消しゴムできれいに消し、消しクズを残さないこと。
10. 解答用紙は、絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。また、所定の欄以外には絶対に記入しないこと。
11. 解答用紙は必ず提出下さい。
12. 試験時間は 80 分です。

※ この問題冊子は必ず持ち帰り下さい。

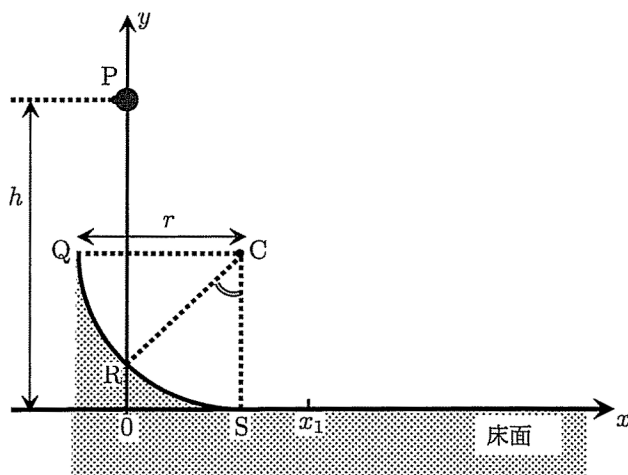
(マーク記入例)

良い例	悪い例
	

物 理

- [A] 次の文中の ア ~ ク に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また、空欄 a に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

図のように、中心が C 、半径が r のなめらかな円弧状の曲面 QRS と、水平でなめらかな床面が、点 C の鉛直下方の点 S でなめらかにつながっている。床面から高さ h ($> r$) の点 P より質量 m の小球を静かに落下させたところ、小球は曲面上の点 R で弾性衝突をしてはね返った。 CR と CS のなす角は 45° である。小球は曲面とはふたたび衝突することなく床面に衝突した。その後、小球は床面と非弾性衝突を繰り返した。床面上に x 軸をとり、図の右向きを正の向きとし、点 P 、 R の x 座標を $x = 0$ とする。また、鉛直上向きを y 軸の正の向きとする。重力加速度の大きさは g とする。一連の小球の運動は紙面内に限られ、空気抵抗や小球の回転運動は無視できる。



点 P から静かに落下した小球が、曲面上の点 R で弾性衝突をする直前の速さは $v = \boxed{\text{ア}}$ である。点 R での衝突直後には、小球の速度の x 成分、 y 成分の大きさは、それぞれ $v_{0x} = \boxed{\text{イ}}$ 、 $v_{0y} = \boxed{\text{ウ}}$ となり、速さは $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$ となる。

小球が点 R に衝突した時刻を $t = 0$ とすると、小球が床面に初めて衝突する時刻は $t_1 = \boxed{\text{エ}}$ である。床面との衝突直前、小球の速度の y 成分の大きさは $v_1 = \boxed{\text{オ}}$ である。時刻 t_1 での衝突地点の x 座標 x_1 を、点 R での衝突直後の小球の速さ v_0 で表すと、 $x_1 = \boxed{\text{カ}}$ である。その後、小球は床面とはね返り係数（反発係数） e で非弾性衝突を繰り返した。時刻 t_n ($n = 1, 2, \dots$) に小球が床面と n 回目の衝突をしてから、次に床面に衝突するまでの時間 Δt_n は、 v_1 、 e 、 g 、 n を用いて、 $\Delta t_n = \boxed{\text{a}}$ と表される。じゅうぶん時間が経過した後の小球の力学的エネルギーは E' となる。時刻 $t = 0$ での小球の力学的エネルギー E_0 と E' との差は $E_0 - E' = \boxed{\text{キ}}$ である。小球の力学的エネルギーの時間変化を時刻 $t = 0$ から描いたものとして最も適切なものは $\boxed{\text{ク}}$ である。

ア の解答群

① \sqrt{gr}

② $\sqrt{2gr}$

③ \sqrt{gh}

④ $\sqrt{2gh}$

⑤ $\sqrt{g\left(h+r+\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑥ $\sqrt{2g\left(h+r+\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑦ $\sqrt{g\left(h-r+\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑧ $\sqrt{2g\left(h-r+\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

イ , ウ の解答群

① 0

② $\frac{v}{2\sqrt{2}}$

③ $\frac{v}{2}$

④ $\frac{v}{\sqrt{2}}$

⑤ v

⑥ $\sqrt{2}v$

⑦ $2v$

⑧ $2\sqrt{2}v$

エ の解答群

① $\sqrt{\frac{r}{g}}$

② $\sqrt{\frac{2r}{g}}$

③ $\sqrt{\frac{h}{g}}$

④ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

⑤ $\sqrt{\frac{r}{g}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

⑥ $\sqrt{\frac{2r}{g}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

⑦ $\sqrt{\frac{1}{g}\left(h-\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑧ $\sqrt{\frac{2}{g}\left(h-\frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

オ の解答群

① $\sqrt{2gr}$

② $\sqrt{2gh}$

③ $\sqrt{2gr \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

④ $\sqrt{2g \left(h - \frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑤ $-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gr}$

⑥ $-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

⑦ $-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gr \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

⑧ $-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2g \left(h - \frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

カ の解答群

① $v_0 \sqrt{\frac{r}{2g}}$

② $v_0 \sqrt{\frac{2r}{g}}$

③ $v_0 \sqrt{\frac{h}{2g}}$

④ $v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

⑤ $v_0 \sqrt{\frac{r}{2g} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

⑥ $v_0 \sqrt{\frac{2r}{g} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$

⑦ $v_0 \sqrt{\frac{1}{2g} \left(h - \frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

⑧ $v_0 \sqrt{\frac{2}{g} \left(h - \frac{r}{\sqrt{2}}\right)}$

キ の解答群

① mgr

② $\sqrt{2} mgr$

③ $mgr \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

④ $mgr \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

⑤ $mgr + \frac{mv_0^2}{2}$

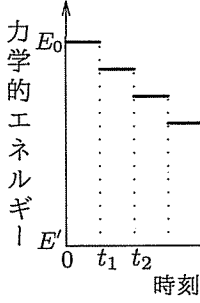
⑥ $\sqrt{2} mgr + \frac{mv_0^2}{2}$

⑦ $mgr \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{mv_0^2}{2}$

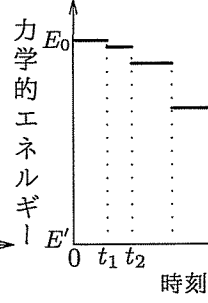
⑧ $mgr \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{mv_0^2}{2}$

ク の解答群

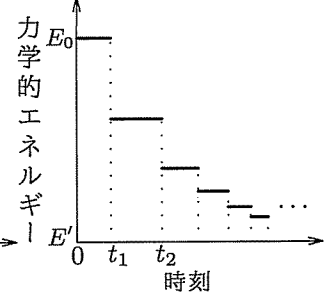
①



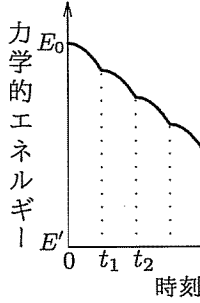
②



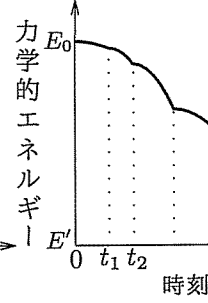
③



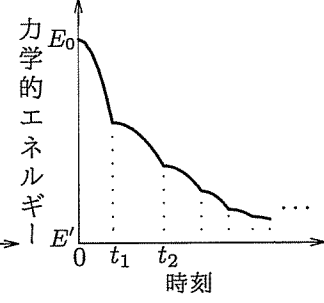
④



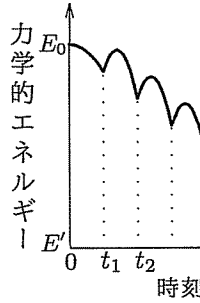
⑤



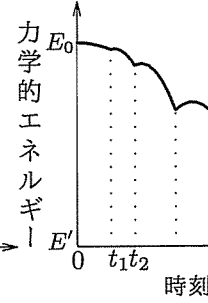
⑥



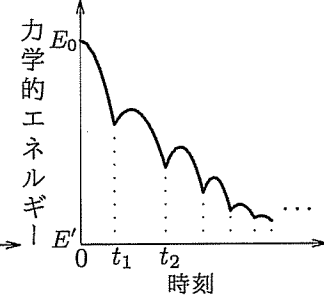
⑦



⑧



⑨



(このページは、計算に使用してよい。)

[B] 次の文中の ～ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また、空欄 に適する式または数値を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

以下の (1)～(3) の 3 つの異なる状況下で円運動する電子について考える。すべての設問において電子の電気量は $-q$ [C] ($q > 0$)、電子の質量は m [kg] とし、重力の影響は考えない。また、電子は真空中で運動するとし、真空中のクーロンの法則の比例定数を k_0 [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$] とする。

(1) 図1のように位置が固定された電気量 Q [C] の正電荷を中心として、半径 r [m] で等速円運動する電子を考える。

電子には正電荷の作る電場（電界）によって [N] の大きさの静電気力がはたらく。この静電気力が円運動の向心力であるので、電子の速さ v_e [m/s] は $v_e =$ である。また、この電子がもつ静電気力による位置エネルギーは、無限遠をエネルギーの基準とすると [J] である。電子のもつ全エネルギーは運動エネルギーと位置エネルギーの和である。以上のことから、軌道半径 r が大きいほど、電子の ことがわかる。

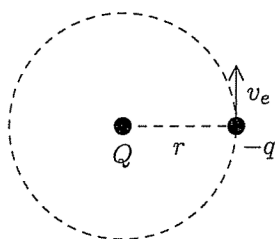


図 1

- (2) 磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場（磁界）中で、磁場に垂直な面内を半径 r [m] で等速円運動する電子を考える。

電子の速さが v_m [m/s] であるとき、電子にはたらくローレンツ力の大きさは [N] である。このローレンツ力が円運動の向心力であるので、電子の速さは $v_m =$ である。また、電子が一周する間にローレンツ力が電子にする仕事は [J] である。以上のことから、軌道半径 r が大きいほど、電子の ことがわかる。

- (3) 図2のように紙面内に電気量 Q [C] の正電荷が固定されており、同時に紙面裏側から表側に向いた磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場がかかっている。この磁場中で正電荷を中心として、紙面内を反時計回りに半径 r [m] で等速円運動する電子を考える。

電子には静電気力とローレンツ力が同時にはたらいており、この2つの力の和が円運動の向心力である。このときの電子の速さ V [m/s] は、(1)および(2)で求めた軌道半径 r のときの速さ v_e , v_m を用いて、 $V =$ となる。従って、 V , v_e , v_m の大小関係として最も適切なものは、 である。

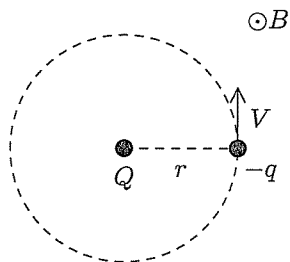


図2

ア の解答群

① $k_0 \frac{qQ}{r^2}$

② $k_0 \frac{Q}{r^2}$

③ $k_0 \frac{q}{r^2}$

④ $k_0 \frac{qQ}{r}$

⑤ $k_0 \frac{Q}{r}$

⑥ $k_0 \frac{q}{r}$

イ の解答群

① $\sqrt{\frac{k_0 q Q}{mr^2}}$

② $\frac{k_0 q Q}{mr^2}$

③ $\left(\frac{k_0 q Q}{mr^2}\right)^2$

④ $\sqrt{\frac{k_0 q Q}{mr}}$

⑤ $\frac{k_0 q Q}{mr}$

⑥ $\left(\frac{k_0 q Q}{mr}\right)^2$

ウ の解答群

① $k_0 \frac{qQ}{r}$

② $-k_0 \frac{qQ}{r}$

③ $k_0 \frac{qQ}{r^2}$

④ $-k_0 \frac{qQ}{r^2}$

⑤ $k_0 \frac{Q}{r}$

⑥ $-k_0 \frac{Q}{r}$

⑦ $k_0 \frac{Q}{r^2}$

⑧ $-k_0 \frac{Q}{r^2}$

エ の解答群

- ① 速さは大きく，全エネルギーも大きい
- ② 速さは大きく，全エネルギーは小さい
- ③ 速さは小さく，全エネルギーは大きい
- ④ 速さは小さく，全エネルギーも小さい
- ⑤ 速さは変わらないが，全エネルギーは大きい
- ⑥ 速さは変わらないが，全エネルギーは小さい
- ⑦ 速さは大きく，全エネルギーは変わらない
- ⑧ 速さは小さく，全エネルギーは変わらない

オ の解答群

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| ① $\frac{qv_m B}{\sqrt{2}}$ | ② $qv_m B$ | ③ $\sqrt{2} qv_m B$ |
| ④ $2qv_m B$ | ⑤ $\frac{qv_m B^2}{\sqrt{2}}$ | ⑥ $qv_m B^2$ |
| ⑦ $\sqrt{2} qv_m B^2$ | ⑧ $2qv_m B^2$ | |

カ の解答群

- ① $\frac{qrB}{m}$ ② $\sqrt{\frac{qrB}{m}}$ ③ $\frac{qB}{mr}$ ④ $\sqrt{\frac{qB}{mr}}$
⑤ $\frac{m}{qrB}$ ⑥ $\sqrt{\frac{m}{qrB}}$ ⑦ $\frac{mr}{qB}$ ⑧ $\sqrt{\frac{mr}{qB}}$

キ の解答群

- ① 速さは大きく、全エネルギーも大きい
② 速さは大きく、全エネルギーは小さい
③ 速さは小さく、全エネルギーは大きい
④ 速さは小さく、全エネルギーも小さい
⑤ 速さは変わらず、全エネルギーは大きい
⑥ 速さは変わらず、全エネルギーは小さい
⑦ 速さは大きく、全エネルギーは変わらない
⑧ 速さは小さく、全エネルギーは変わらない

ク の解答群

- ① $v_e + v_m$ ② $\sqrt{v_e^2 + v_m^2}$
③ $\sqrt{v_e^2 + v_e v_m + v_m^2}$ ④ $\sqrt{v_e^2 - v_e v_m + v_m^2}$
⑤ $\frac{v_e}{2} + \sqrt{\left(\frac{v_e}{2}\right)^2 + v_m^2}$ ⑥ $-\frac{v_e}{2} + \sqrt{\left(\frac{v_e}{2}\right)^2 + v_m^2}$
⑦ $\frac{v_m}{2} + \sqrt{\left(\frac{v_m}{2}\right)^2 + v_e^2}$ ⑧ $-\frac{v_m}{2} + \sqrt{\left(\frac{v_m}{2}\right)^2 + v_e^2}$

ケ の解答群

① $V > v_e + v_m$

② $v_m + v_e > V > v_m$

③ $v_m > V > |v_e - v_m|$

④ $|v_e - v_m| > V$

⑤ $v_e > V > v_m$

⑥ $v_m > V > v_e$

[C] 次の文中の ～ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

図1のように、一様な弦の一端を水平な台の端に固定し、滑車をとおして他端に質量 M のおもりを付けた装置Aがある。弦はおもりによって一定の力で引っ張られている。弦の下に振動子を置き、振動子から距離 L だけ離れた位置にコマを置いた。振動子はいろいろな振動数の振動を弦に与えることができる。このとき、振動子とコマの位置が固定端となる。

- (1) 装置Aの振動子の振動数を上げていくと弦は振動をはじめ、振動数が f_1 のとき、弦の中心にのみ腹をもつ基本振動が生じた。このときに弦を伝わる波の速さを v_1 とすると、 $v_1 =$ と表せる。さらに振動数を上げていくと、2個の腹をもつ振動、3個の腹をもつ振動が観測された。3個の腹をもつ振動が生じているとき、弦を伝わる波の波長と速さは、それぞれ である。また、このときの波の振動数は である。

次に振動子とコマの間隔は L のままで、おもりの質量を変えて基本振動数の変化を調べた。弦の張力を S とし、線密度（単位長さあたりの質量）を ρ とすると、弦を伝わる波の速さは $\sqrt{\frac{S}{\rho}}$ と書ける。張力がおもりの質量に比例する範囲では、基本振動数とおもりの質量との関係をグラフにすると のようになる。この範囲で、おもりの質量を $2M$ にすると、基本振動数は f_1 の なる。

- (2) 装置Aと同じ装置Bを用意した。図2は装置Bを装置Aの横に並べて、上から見た図である。2つの装置の弦は、材質が同じで、太さも等しい。はじめ、どちらのおもりの質量も M にし、装置Aの振動子とコマの間隔を L にした。装置Bの振動子とコマの間隔は $L + \Delta L$ にした。装置Bの振動子を振動させると、振動数が のとき基本振動が生じた。装置Aと装置Bの弦を、それぞれの基本振動数で同時に振動させると、1秒間に k 回うなりが聞こえた。 ΔL は k , L , f_1 を使うと と表せる。

次に装置Bのコマの位置とおもりの質量を変え、振動子とコマの間隔は $\frac{4}{5}L$,

おもりの質量は $M + \Delta M$ にした。装置 B の弦は静止させておき、装置 A の振動子のみを振動させ、装置 A の弦に振動数 f_1 の基本振動を生じさせた。しばらくして振動子を止めたところ、装置 B の弦に装置 A の弦と同じ振動数の基本振動が生じていた。この現象が最も顕著に起こるのは、 $\frac{\Delta M}{M} =$ のときである。

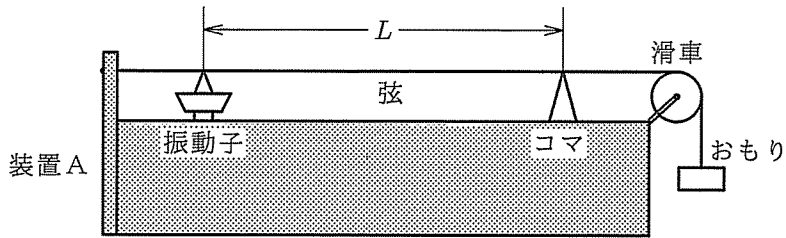


図 1

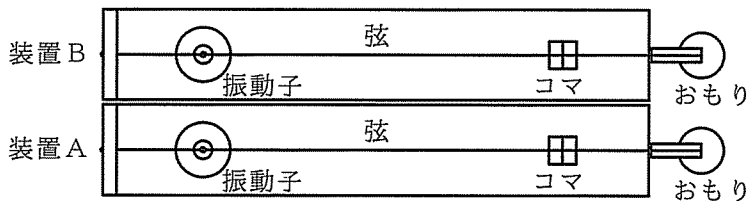


図 2

の解答群

- | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{2}Lf_1$ | ② Lf_1 | ③ $\frac{3}{2}Lf_1$ | ④ $2Lf_1$ |
| ⑤ $\frac{L}{2f_1}$ | ⑥ $\frac{L}{f_1}$ | ⑦ $\frac{3L}{2f_1}$ | ⑧ $\frac{2L}{f_1}$ |

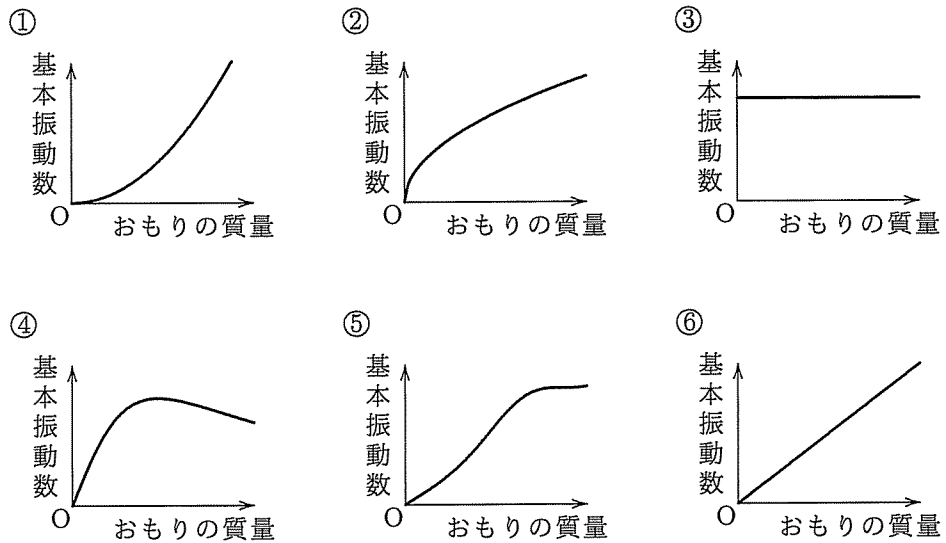
イ の解答群

- ① $\frac{2}{3}L$ と v_1 ② $\frac{2}{3}L$ と $3v_1$ ③ $\frac{3}{2}L$ と v_1 ④ $\frac{3}{2}L$ と $3v_1$
 ⑤ $\frac{1}{3}L$ と v_1 ⑥ $\frac{1}{3}L$ と $3v_1$ ⑦ $3L$ と v_1 ⑧ $3L$ と $3v_1$

ウ の解答群

- ① $\frac{3}{2}f_1$ ② $\frac{4}{3}f_1$ ③ $\frac{5}{3}f_1$ ④ $2f_1$
 ⑤ $\frac{5}{2}f_1$ ⑥ $\frac{7}{3}f_1$ ⑦ $\frac{8}{3}f_1$ ⑧ $3f_1$

エ の解答群



オ の解答群

- ① $2\sqrt{2}$ 倍になり, 音は高く
② $2\sqrt{2}$ 倍になり, 音は低く
③ $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 倍になり, 音は高く
④ $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 倍になり, 音は低く
⑤ $\sqrt{2}$ 倍になり, 音は高く
⑥ $\sqrt{2}$ 倍になり, 音は低く
⑦ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になり, 音は高く
⑧ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になり, 音は低く

カ の解答群

- ① $(L + \Delta L)f_1$
② $2(L + \Delta L)f_1$
③ $\frac{L}{L + \Delta L}f_1$
④ $\frac{2L}{L + \Delta L}f_1$
⑤ $\frac{L + \Delta L}{L}f_1$
⑥ $\frac{L + \Delta L}{2L}f_1$

キ の解答群

- ① $\frac{-kL}{f_1 - k}$ または $\frac{-kL}{f_1 + k}$
② $\frac{-kL}{f_1 - k}$ または $\frac{kL}{f_1 + k}$
③ $\frac{-kL}{f_1 - k}$ または $\frac{kL}{f_1 - k}$
④ $\frac{kL}{f_1 - k}$ または $\frac{-kL}{f_1 + k}$
⑤ $\frac{kL}{f_1 - k}$ または $\frac{kL}{f_1 + k}$
⑥ $\frac{kL}{f_1 + k}$ または $\frac{-kL}{f_1 + k}$

ク の解答群

- ① $\frac{9}{25}$
② $\frac{16}{25}$
③ $\frac{3}{5}$
④ $\frac{4}{5}$
⑤ $-\frac{9}{25}$
⑥ $-\frac{16}{25}$
⑦ $-\frac{3}{5}$
⑧ $-\frac{4}{5}$

(このページは、計算に使用してよい。)

(このページは、計算に使用してよい。)