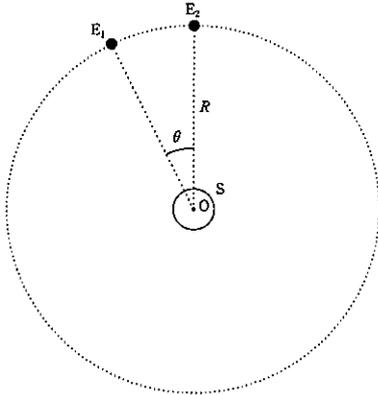


第1問 次の文章を読んで、下の問い(問1~8)に答えよ。(解答番号 1 ~ 8)

点Oを中心とする球状天体Sのまわりを半径Rの円軌道に沿って周回する2つの探査船E₁およびE₂がある。E₁、E₂の大きさはRと比べて無視できるほど小さい。E₁は、E₂よりも角度θ [rad] だけ前方を運動している。Sの質量はM、E₁とE₂の質量はともにmである。M > mであるため、E₁とE₂の影響によるSの運動の変化は無視できる。また、E₁とE₂の間の万有引力も無視できる。万有引力定数をGとする。



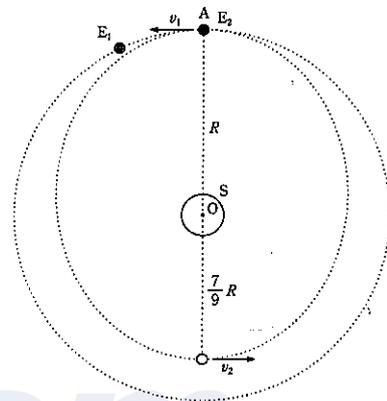
問1 E₁がSから受ける万有引力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 1

- ① $\frac{1}{2} GmMR$ ② $GmMR$ ③ $\frac{GmM}{2R}$
 ④ $\frac{GmM}{R}$ ⑤ $\frac{GmM}{2R^2}$ ⑥ $\frac{GmM}{R^2}$

問2 E₁の円運動の周期T₁を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 2

- ① $\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ ③ $\sqrt{\frac{R^2}{GM}}$
 ④ $2\pi\sqrt{\frac{R^2}{GM}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{R}{GM}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{R}{GM}}$

E₂が円軌道上の点Aにおいて瞬間的に減速して、Oからの距離の最大値がR、最小値が $\frac{7}{9}R$ の楕円軌道に沿って運動するようになった。E₂が減速した直後の速さをv₁、Oに最も近づいたときの速さをv₂とする。



問3 $\frac{v_1}{v_2}$ の値として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 3

- ① $\frac{\sqrt{7}}{3}$ ② $\frac{3}{\sqrt{7}}$ ③ $\frac{7}{9}$
 ④ $\frac{9}{7}$ ⑤ $\frac{49}{81}$ ⑥ $\frac{81}{49}$

問4 減速後のE₂の力学的エネルギーD₂を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。ただし、万有引力による位置エネルギーの基準を無限遠点とする。 4

- ① $\frac{1}{2}mv_1^2$ ② $\frac{GmM}{R}$ ③ $-\frac{GmM}{R}$
 ④ $\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{GmM}{R}$ ⑤ $\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{GmM}{R}$

問5 v₂を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 5

- ① $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ② $\sqrt{\frac{7GM}{8R}}$ ③ $\sqrt{\frac{49GM}{48R}}$
 ④ $\sqrt{\frac{81GM}{56R}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{81GM}{8R}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{124GM}{75R}}$

問6 E₂の減速前の力学的エネルギーD₀とD₂の差D₂ - D₀を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 6

- ① $\frac{GmM}{4R}$ ② $\frac{GmM}{8R}$ ③ $\frac{GmM}{16R}$
 ④ $-\frac{GmM}{4R}$ ⑤ $-\frac{GmM}{8R}$ ⑥ $-\frac{GmM}{16R}$

問7 楕円軌道に沿って運動するE₂の周期を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 7

- ① $\frac{2\sqrt{2}}{3}T_1$ ② $\frac{3}{2\sqrt{2}}T_1$ ③ $\frac{8}{9}T_1$
 ④ $\frac{9}{8}T_1$ ⑤ $\frac{16\sqrt{2}}{27}T_1$ ⑥ $\frac{27}{16\sqrt{2}}T_1$

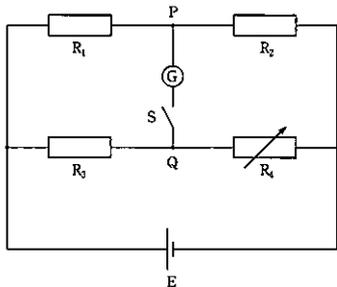
問8 減速後E₂が初めて点Aに戻ったときにE₁も初めて点Aに戻った。このときθの値として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 8

- ① $\frac{2(27-16\sqrt{2})\pi}{27}$ ② $\frac{(27-16\sqrt{2})\pi}{27}$ ③ $\frac{2\pi}{9}$
 ④ $\frac{\pi}{9}$ ⑤ $\frac{2(3-2\sqrt{2})\pi}{3}$ ⑥ $\frac{(3-2\sqrt{2})\pi}{3}$

Windom

第2問 次の文章を読んで、下の問い(問1~9)に答えよ。(解答番号 9 ~ 17)

図のように、4つの抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、検流計 G 、電池 E 、スイッチ S を接続した回路がある。 R_1 、 R_2 、 R_3 の電気抵抗はそれぞれ 10Ω 、 20Ω 、 30Ω である。 R_4 は可変抵抗であり、はじめは 30Ω に設定してある。 E は起電力が $12V$ であり内部抵抗は無視できる。導線やスイッチなどの電気抵抗も無視できる。はじめ、 S は開いている。



問1 4つの抵抗の消費電力の和の値として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 9

- ① 0.36 W ② 3.6 W ③ 36 W
- ④ 0.72 W ⑤ 7.2 W ⑥ 72 W
- ⑦ 1.44 W ⑧ 14.4 W ⑨ 144 W

問2 P、Q間の電位差の説明として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 10

- ① Pの方が1Vだけ高電位 ② Pの方が2Vだけ高電位
- ③ Pの方が3Vだけ高電位 ④ Qの方が1Vだけ高電位
- ⑤ Qの方が2Vだけ高電位 ⑥ Qの方が3Vだけ高電位

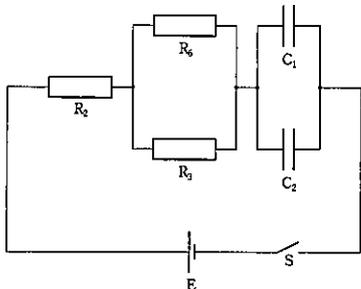
問5 S を閉じた直後に S を流れる電流の大きさとして適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 13

- ① 0.16 A ② 0.36 A ③ 0.64 A
- ④ 0.86 A ⑤ 1.0 A ⑥ 1.24 A

問6 S を閉じてからしばらく時間が経過した後、 C_1 に蓄えられている電気量として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 14

- ① $3.6 \times 10^{-6} C$ ② $3.6 \times 10^{-3} C$ ③ $3.6 \times 10^{-4} C$
- ④ $4.8 \times 10^{-6} C$ ⑤ $4.8 \times 10^{-3} C$ ⑥ $4.8 \times 10^{-4} C$
- ⑦ $9.6 \times 10^{-6} C$ ⑧ $9.6 \times 10^{-3} C$ ⑨ $9.6 \times 10^{-4} C$

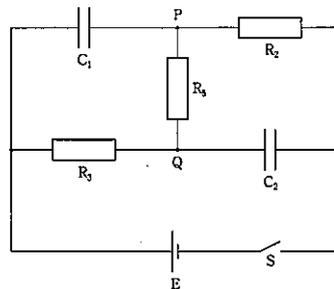
さらに回路を組み替えて下図のように接続する。抵抗 R_6 の電気抵抗は 60Ω である。はじめ S は開いていて、コンデンサーはいずれも帯電していない。



問3 R_4 の電気抵抗をある値に変更すると、 S を閉じても G に電流が流れなかった。 R_4 の電気抵抗の値として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 11

- ① 10Ω ② 20Ω ③ 30Ω
- ④ 40Ω ⑤ 50Ω ⑥ 60Ω
- ⑦ 70Ω ⑧ 80Ω ⑨ 90Ω

次に、回路を組み替えて下図のように接続した。コンデンサー C_1 と C_2 の電気容量はそれぞれ $10\mu F$ と $20\mu F$ で、抵抗 R_3 の電気抵抗は 50Ω である。はじめに S は開いていて、コンデンサーはいずれも帯電していない。



問4 S を閉じた直後に R_3 を流れる電流の向きと大きさの説明として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 12

- ① PからQの向きに0.12 A ② PからQの向きに0.24 A
- ③ PからQの向きに0.36 A ④ QからPの向きに0.12 A
- ⑤ QからPの向きに0.24 A ⑥ QからPの向きに0.36 A

問7 S を閉じてからしばらく時間が経過するまでに、 S を通過した電気量として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 15

- ① $3.6 \times 10^{-6} C$ ② $3.6 \times 10^{-3} C$ ③ $3.6 \times 10^{-4} C$
- ④ $4.8 \times 10^{-6} C$ ⑤ $4.8 \times 10^{-3} C$ ⑥ $4.8 \times 10^{-4} C$
- ⑦ $9.6 \times 10^{-6} C$ ⑧ $9.6 \times 10^{-3} C$ ⑨ $9.6 \times 10^{-4} C$

問8 S を閉じてからしばらく時間が経過するまでに、3つの抵抗から発生したジュール熱の総和として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 16

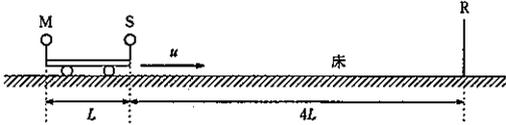
- ① $1.08 \times 10^{-3} J$ ② $1.08 \times 10^{-4} J$ ③ $1.08 \times 10^{-2} J$
- ④ $2.16 \times 10^{-3} J$ ⑤ $2.16 \times 10^{-4} J$ ⑥ $2.16 \times 10^{-2} J$
- ⑦ $4.32 \times 10^{-3} J$ ⑧ $4.32 \times 10^{-4} J$ ⑨ $4.32 \times 10^{-2} J$

問9 S を閉じてからしばらく時間が経過するまでに、 R_6 から発生したジュール熱として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 17

- ① $1.8 \times 10^{-6} J$ ② $1.8 \times 10^{-3} J$ ③ $1.8 \times 10^{-4} J$
- ④ $3.6 \times 10^{-6} J$ ⑤ $3.6 \times 10^{-3} J$ ⑥ $3.6 \times 10^{-4} J$
- ⑦ $7.2 \times 10^{-6} J$ ⑧ $7.2 \times 10^{-3} J$ ⑨ $7.2 \times 10^{-4} J$

第3問 次の文章を読んで、下の問い(問1~8)に答えよ。(解答番号 18 ~ 25)

長さ L の台車の最前部に振動数 f で音波を発生する音源 S 、最後部にマイクロフォン M が固定されている。台車の前方には反射板 R が固定されて静止している。実験は無風状態の空間で行う。音の速さを V とする。



台車を一定の速さ u ($< V$) で R に近づく向きに移動させながら、時刻 $t = 0$ に S から音を発生させ始めた。 $t = 0$ において、 R と S の距離は $4L$ であった。

問1 S から M に直接音が届き始める時刻を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 18

- ① $\frac{L}{V}$ ② $\frac{L}{u}$ ③ $\frac{L}{V-u}$
 ④ $\frac{L}{V+u}$ ⑤ $\frac{L}{V-2u}$ ⑥ $\frac{L}{V+2u}$

問2 S から M に直接届く音の振動数を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 19

- ① f ② $\frac{V-u}{V}f$ ③ $\frac{V}{V+u}f$
 ④ $\frac{V+u}{V}f$ ⑤ $\frac{V+u}{V-u}f$ ⑥ $\frac{V+u}{V-u}f$
 ⑦ $\frac{V-u}{V+u}f$ ⑧ $\frac{V+2u}{V-2u}f$ ⑨ $\frac{V-2u}{V+2u}f$

問5 M に音が届き始める時刻を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 22

- ① $\frac{9L}{V}$ ② $\frac{9L}{V-u}$ ③ $\frac{9L}{V+u}$
 ④ $\frac{(9V-u)L}{V^2}$ ⑤ $\frac{(9V+u)L}{V^2}$ ⑥ $\frac{(9V-u)L}{(V-u)V}$
 ⑦ $\frac{(9V+u)L}{(V-u)V}$ ⑧ $\frac{(9V-u)L}{(V+u)V}$ ⑨ $\frac{(9V+u)L}{(V+u)V}$

問6 M に届く音の振動数を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 23

- ① f ② $\frac{V}{V-u}f$ ③ $\frac{V}{V+u}f$
 ④ $\frac{V-u}{V}f$ ⑤ $\frac{V+u}{V}f$ ⑥ $\frac{V+u}{V-u}f$
 ⑦ $\frac{V-u}{V+u}f$ ⑧ $\frac{V+2u}{V-2u}f$ ⑨ $\frac{V-2u}{V+2u}f$

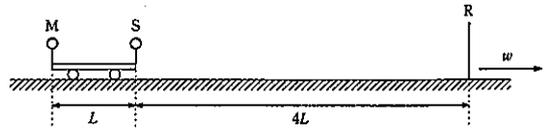
問3 R による反射音が M に届き始める時刻を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 20

- ① $\frac{9L}{V}$ ② $\frac{9L}{u}$ ③ $\frac{9L}{V-u}$
 ④ $\frac{9L}{V+u}$ ⑤ $\frac{9L}{V-2u}$ ⑥ $\frac{9L}{V+2u}$

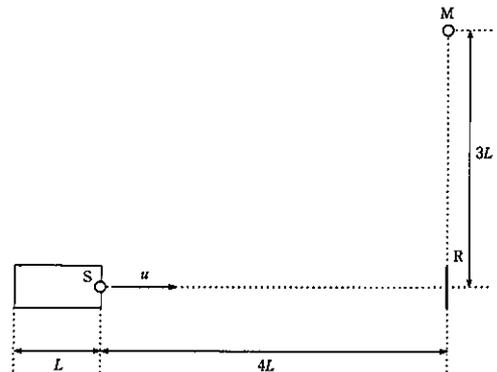
問4 S から音を発生させ始めてからしばらくすると、 M が受信した音の大きさは一定の周期 T で強弱の変化を繰り返した。 T を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 21

- ① $\frac{V}{uf}$ ② $\frac{V}{2uf}$ ③ $\frac{V+u}{uf}$
 ④ $\frac{V+u}{2uf}$ ⑤ $\frac{V-u}{uf}$ ⑥ $\frac{V-u}{2uf}$

次に、台車を静止させ、 R を台車から遠ざける向きに一定の速さ w ($< V$) で移動させる。時刻 $t = 0$ に S から音を発生させ始めた。 $t = 0$ において、 R と S の距離は $4L$ であった。 M には R による反射音のみが届くとする。



下図は台車を真上から見た様子で、 M を R の真横で S の軌道から距離 $3L$ だけ離れた位置に固定する。 R を元の位置に固定し、 S は台車の最前端に固定されたままである。台車を一定の速さ u ($< V$) で R に近づく向きに移動させながら、時刻 $t = 0$ から台車が R の位置に達するまでの間のみ、 S から音を発生させる。 $t = 0$ において、 R と S の距離は $4L$ であった。 M には S からの直接音のみが届くとする。



問7 M に初めて届いた音の振動数を表す式として適当なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。 24

- ① f ② $\frac{5V-3u}{5V}f$ ③ $\frac{5V+3u}{5V}f$
 ④ $\frac{5V}{5V-3u}f$ ⑤ $\frac{5V}{5V+3u}f$ ⑥ $\frac{5V-4u}{5V}f$
 ⑦ $\frac{5V+4u}{5V}f$ ⑧ $\frac{5V}{5V-4u}f$ ⑨ $\frac{5V}{5V+4u}f$

問8 Mに届く音の振動数の時間変化として適当なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。 [25]

- ① 一定
- ② 高くなったり低くなったりの振動を繰り返す
- ③ 単調に減少する
- ④ 単調に増加する
- ⑤ ①～④のいずれでもない

Windom