

物理基礎・物理

(全 問 必 答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 6 〕 (配点 30)

図1のように、水平な床の上に質量 M の物体 B を置き、物体 B の上に質量 m の物体 A を置く。初期状態では物体 A も物体 B も静止しているものとし、時刻 0 で物体 B に水平右向きに外力 F を加えて運動させる。物体 A と物体 B の間の静止摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ_1 とし、物体 B と床の間の動摩擦係数を μ_2 とする。また、重力加速度を g とする。

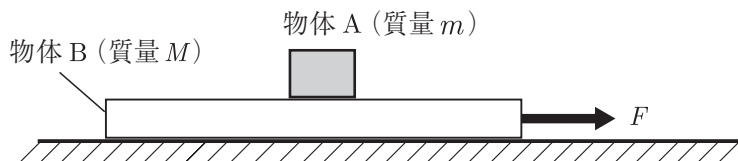


図 1

問1 $F = F_0$ のとき、A と B は一体となって運動した。このときの加速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

① $\frac{F_0}{M} - \mu_2 g$ ② $\frac{F_0}{M+m} - \mu_2 g$ ③ $\frac{F_0}{M-m} + \mu_2 g$ ④ $\frac{F_0}{M+m} + \mu_2 g$

問2 問1のように、A と B が一体となって運動しているときに、A が B から受けている静止摩擦力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① $m \left(\frac{F_0}{M+m} - \mu_2 g \right)$ ② $m \left(\frac{F_0}{M} - \mu_2 g \right)$
 ③ $(M+m) \left(\frac{F_0}{M} + \mu_2 g \right)$ ④ $(M+m) \left(\frac{F_0}{M-m} - \mu_1 g \right)$

問3 外力 F が大きすぎると、A と B は一体となって運動することができず、A は B に対して滑りはじめる。A と B が一体となって運動できる最大の外力 F_1 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $F_1 =$ 3

① $(\mu_0 + \mu_1)(M-m)g$ ② $(\mu_0 + \mu_2)(M-m)g$
 ③ $(\mu_0 - \mu_1)(M+m)g$ ④ $(\mu_0 + \mu_2)(M+m)g$

問4 問3で求めた F_1 よりも大きな外力 F_2 を B に加えると、A は B に対して滑りながら運動する。このときの A の加速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① $\frac{M-m}{M+m} \mu_0 g$ ② $\frac{M-m}{M+m} \mu_1 g$ ③ $\mu_1 g$ ④ $2\mu_0 g$

問5 問4の状態のときのBの加速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{1}{M} \{ F_2 - (\mu_1 + \mu_2)mg - \mu_2 Mg \}$

② $\frac{1}{(M + m)} \{ F_2 + (\mu_1 + \mu_2)mg - \mu_2 Mg \}$

③ $\frac{1}{(M + m)} \{ F_2 + (\mu_1 + \mu_2)mg - \mu_1 Mg \}$

④ $\frac{1}{(M + m)} \{ F_2 - \mu_2 mg + \mu_1 Mg \}$

問6 問4の状態のときに、AがBに対して距離 L だけ移動するのに要する時間はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、Bは十分長く、Aは移動中ずっとBの上にあるものとする。 6

① $\sqrt{\frac{2ML}{F_2 - (\mu_1 + \mu_2)mg - \mu_2 Mg}}$

② $\sqrt{\frac{2ML}{F_2 - (\mu_1 + \mu_2)(M + m)g}}$

③ $\sqrt{\frac{2(M + m)L}{F_2 - (\mu_1 + \mu_2)(M - m)g}}$

④ $\sqrt{\frac{2(M + m)L}{F_2 - \mu_2 mg + \mu_1 Mg}}$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 3] (配点 15)

図1のように、 $R[\Omega]$ の電気抵抗3個と $2R[\Omega]$ の電気抵抗1個と起電力 $E[V]$ の直流電源A、BとスイッチSとを接続した。4個の電気抵抗以外の回路の抵抗は、すべて無視できるとする。

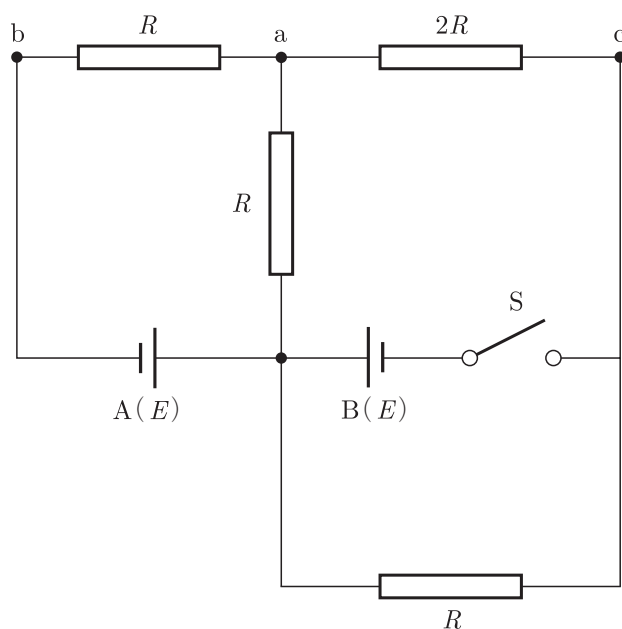


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき，4 個の電気抵抗の消費する電力の和はいくらか。正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 1

① $\frac{E^2}{2R}$ ② $\frac{2E^2}{3R}$ ③ $\frac{E^2}{4R}$ ④ $\frac{2E^2}{5R}$ ⑤ $\frac{4E^2}{7R}$

問2 スイッチ S が閉じているとき，図 1 の 2 点 a，b 間の電圧 V_{ab} と 2 点 a，c 間の電圧 V_{ac} との比 $\frac{V_{ab}}{V_{ac}}$ はいくらか。正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{2}{3}$ ③ 1 ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ 2

問3 問2において，直流電源 A が供給する電力はいくらか。正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

① $\frac{E^2}{2R}$ ② $\frac{2E^2}{3R}$ ③ $\frac{E^2}{4R}$ ④ $\frac{2E^2}{5R}$ ⑤ $\frac{4E^2}{7R}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

図1のように、空気中に長さ L の開管(両端が開いている)を置き、その管口の近くにスピーカーを置いた。振動数 f の音波を発したところ共鳴が起こった。その後、音波の振動数をゼロになるまで徐々に下げていった。その過程であと1回だけ共鳴が起こった。ただし、開口端補正は考慮しなくてよい。また、気体ヘリウム中の音速は空気中の音速の2.9倍であるとする。



図 1



図 2

問1 空気中で周波数 f の音波の波長はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{Lf}{2}$ ② Lf ③ $2Lf$ ④ $\frac{L}{2}$ ⑤ L ⑥ $2L$

問2 空気中の音速はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

2

- ① $\frac{Lf}{2}$ ② Lf ③ $2Lf$ ④ $\frac{L}{2f}$ ⑤ $\frac{L}{f}$ ⑥ $\frac{2L}{f}$

問3 スピーカーから遠い方の端を閉じて(図2)，同じ実験を行った。振動数を f から 0 まで徐々に下げる間に、共鳴は何回観測されるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **3** 回

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3

問4 実験装置を置いた部屋の空気を気体ヘリウムに入れ替えてから、問3と同じ実験を行った。振動数を f から 0 まで徐々に下げる間に、共鳴は何回観測されるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **4** 回

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3

問5 引き続き(気体ヘリウム中で)再び管の両端を開き、スピーカーから発する音波の振動数をゼロから徐々に上げていった。最初に共鳴が観測される振動数はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **5**

- ① $\frac{f}{2.9}$ ② $\frac{f}{1.45}$ ③ f ④ $1.45f$ ⑤ $2.9f$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 6 〕 (配点 30)

図1のように、質量 m 、長さ l の細長い一様な棒 AB を水平な粗い床の上に置き、一端 B を大きさ F の力で引き上げると、図のような状態で静止した。 $0^\circ < \theta < 45^\circ$ である。

A における床の垂直抗力の大きさを N 、静止摩擦力の大きさを S とし、重力加速度の大きさを g とする。

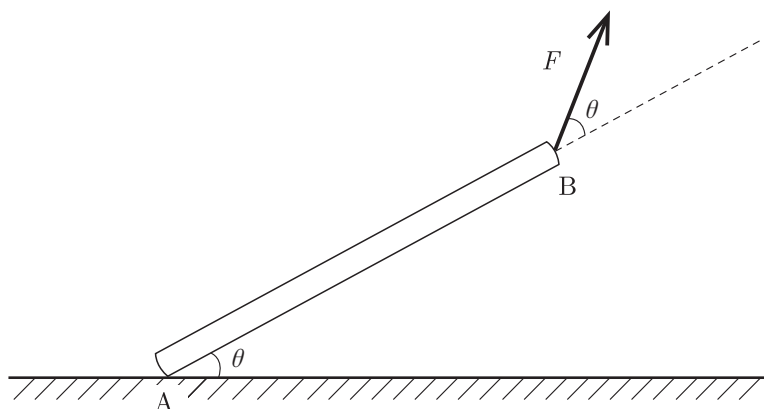


図 1

問1 棒にはたらく力の水平方向のつり合いの式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

① $F \sin 2\theta - S = 0$

② $F \cos 2\theta - S = 0$

③ $F \sin \theta + S = 0$

④ $F \cos \theta - S = 0$

問2 棒にはたらく力の鉛直方向のつり合いの式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① $F \sin \theta - N + mg = 0$

② $F \cos \theta - N - mg = 0$

③ $F \sin 2\theta + N - mg = 0$

④ $F \cos 2\theta + N - mg = 0$

問3 棒にはたらく力のモーメントのつり合いの式から F が求められる。 F はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $F =$ 3

① $\frac{mg}{\tan \theta}$

② $\frac{mg}{\tan 2\theta}$

③ $\frac{mg}{2 \tan \theta}$

④ $\frac{\tan \theta}{2} mg$

問4 静止摩擦力の大きさ S はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $S =$ 4

① $\frac{2 \sin \theta}{\cos 2\theta} mg$

② $\frac{2 \tan \theta}{\cos 2\theta} mg$

③ $\frac{\tan \theta}{2 \cos \theta} mg$

④ $\frac{\cos 2\theta}{2 \tan \theta} mg$

問5 垂直抗力の大きさ N はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N =$ 5

① $mg \sin^2 \theta$

② $mg \cos^2 \theta$

③ $mg \tan \theta$

④ $\frac{\cos 2\theta}{\tan \theta} mg$

問 6 $\theta = 30^\circ$ であるとする、棒と床の間の静止摩擦係数 μ はどのようなか。

正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$

② $\mu = \sqrt{3}$

③ $\mu \leq \frac{1}{\sqrt{3}}$

④ $\mu \geq \sqrt{3}$