

物理基礎・物理

第1問 次の問い（問1～2）に答えよ。

問1 水平な床の上に固定されている断面が図1のような台があり、台のABC面はなめらかで、BC面は水平な平面である。床からABC面の端の点Aまでの高さは h_A である。点Aに質量 m の小球Pを置いて、静かに離した。小球Pは斜面をすべりおりて、質量 m の小球Qに弾性衝突した。小球Qは台の端の点Cから水平に飛び出して床の上の点Dに落下した。重力加速度の大きさを g とし、床から台の上のBC面までの高さを h_B とする。ただし、点A、B、C、Dは同一鉛直平面内にある。

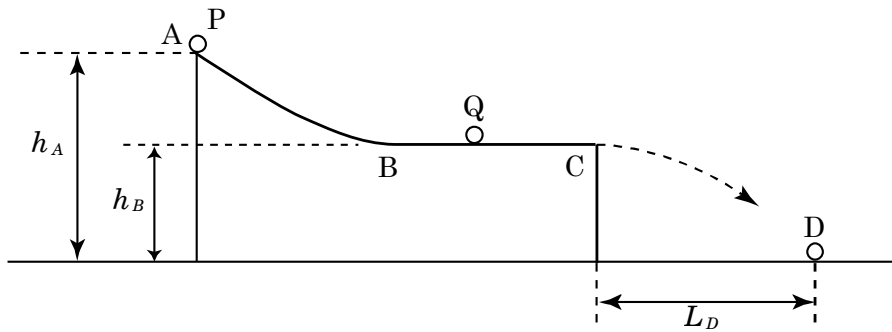


図1

(1) BC面の端の点Cでの小球Qの速さはいくらか、次の①～⑤の中から正しいものを1つ選び解答欄にマークせよ。

① $\sqrt{2gh_A}$ ② $\sqrt{2g(h_A - h_B)}$ ③ $g\sqrt{2(h_A - h_B)}$

④ $2gh_A$ ⑤ $2g(h_A - h_B)$

(2) 小球Pと小球Qが衝突した直後の小球Pの速さはいくらか、次の①～⑤の中から正しいものを1つ選び解答欄にマークせよ。

① 0 ② $2gh_A$ ③ $2g(h_A - h_B)$

④ $\sqrt{2g(h_A - h_B)}$ ⑤ $g\sqrt{2(h_A - h_B)}$

(3) 点Cと小球Qの落下点Dとの水平距離 L_D はいくらか、次の①～⑤の中から正しいものを1つ選び解答欄にマークせよ。

① $\sqrt{2gh_A h_B}$ ② $2\sqrt{gh_B(h_A - h_B)}$ ③ $2\sqrt{h_A(h_A - h_B)}$

④ $2\sqrt{h_B(h_A - h_B)}$ ⑤ $2\sqrt{gh_A(h_A - h_B)}$

問2 図1と同じ台のBC面に、図2のように、小球Pと同じ質量 m の小球Rが置かれている。点Aから小球Pを静かにすべらせた。小球Pと小球Rは、はねかえり係数（反発係数） e で非弾性衝突をし、小球Pは、点Cからの水平距離 L_E の点Eに落下した。また、小球Rは、点Cからの水平距離 L_F の点Fに落下した。ただし、点A、B、C、E、Fは同一鉛直平面内にある。

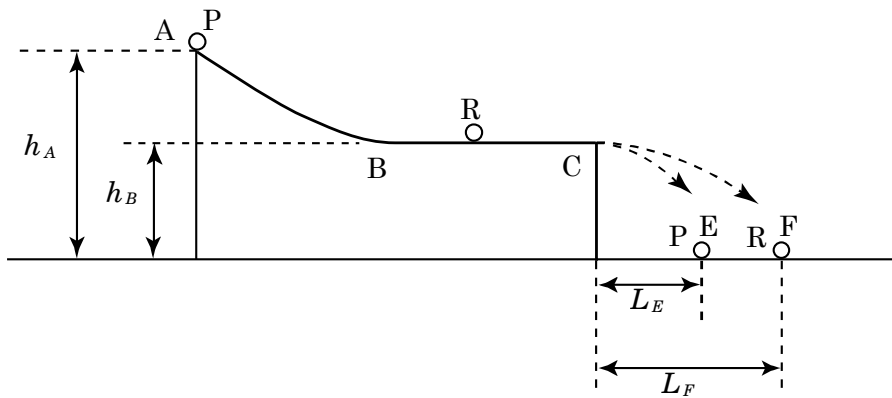


図2

(1) 衝突後の小球Rの速さはいくらか、次の①～⑤の中から正しいものを1つ選び解答欄にマークせよ。

① $\frac{(1+e)\sqrt{2gh_A}}{2}$

② $\frac{(1+e)\sqrt{2g(h_A-h_B)}}{2}$

③ $\frac{(1-e)\sqrt{2g(h_A-h_B)}}{2}$

④ $(1+e)\sqrt{2gh_A}$

⑤ $\frac{\sqrt{2g(h_A-h_B)}}{2}$

(2) 点 C と小球 P の落下点 E との水平距離 L_E はいくらか、次の①～⑤の中から正しいものを1つ選び解答欄にマークせよ。

① $(1+e)\sqrt{h_A h_B}$

② $(1-e)\sqrt{h_A h_B}$

③ $(1-e)\sqrt{h_B(h_A - h_B)}$

④ $(1+e)\sqrt{h_B(h_A - h_B)}$

⑤ $\sqrt{h_B(h_A - h_B)}$

(3) 図1の L_D と図2の L_E 、 L_F との関係として正しいものを次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $L_D = L_E + eL_F$

② $L_D = L_E - L_F$

③ $L_D = eL_E + L_F$

④ $L_D = L_E + L_F$

⑤ $L_D = -L_E + L_F$

第2問 次の問い（問1～2）に答えよ。

問1 抵抗が R の直線状の導線 12 本で、図1のような立方体を作った。頂点 a と頂点 g の間に大きさ I の電流を流した。

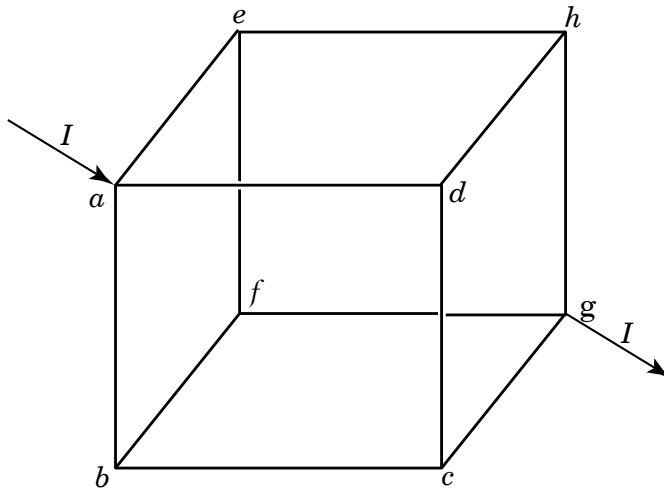


図1

(1) 導線 ab を流れる電流はいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

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

(2) 導線 bc を流れる電流はいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

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

(3) a_g 間の合成抵抗はいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

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

問2 真空中で、図2のように、正電荷 $+e$ の陽子が原点にあり、電子は原点を中心とする半径 r の軌道上を等速円運動している。電子の電荷は $-e$ 、質量は m とする。クーロンの法則の比例定数を k とする。

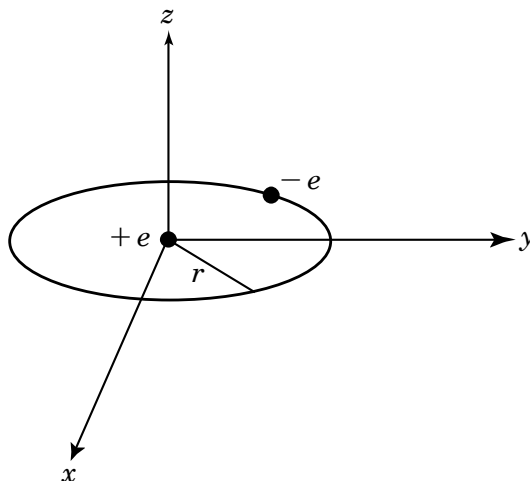


図2

(1) 電子の円運動の角速度 ω はいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

- ① $\frac{e}{r^2}$ ② $\sqrt{\frac{ke^2}{mr^3}}$ ③ $\frac{e^2\sqrt{k}}{3r^3}$
 ④ $\frac{e^2\sqrt{k}}{mr^3}$ ⑤ $\sqrt{\frac{r^3m}{e^2k}}$

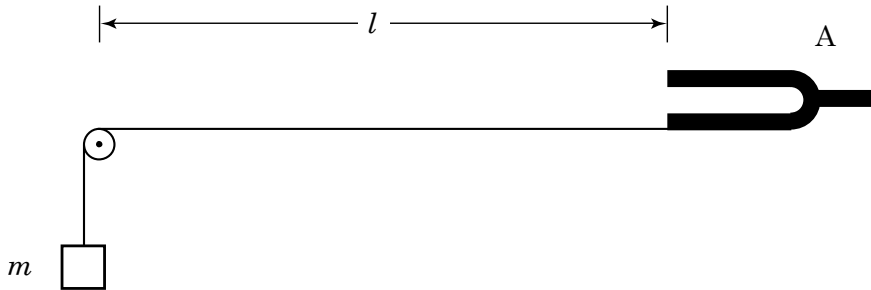
(2) 電子の角速度 ω が十分に大きいとすると、円周にそって電流が流れていると見なすことができる。この電流の強さはいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $e\omega$ ② $\frac{e\omega}{3\pi}$ ③ $\frac{2e\omega}{\pi}$ ④ $\frac{e\omega}{2\pi}$ ⑤ $\frac{e\omega}{\pi}$

(3) この電流が原点にある陽子上につくる磁界（磁場）の大きさはいくらか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $\frac{e\omega}{4\pi r}$ ② $\frac{e\omega}{2\pi r}$ ③ $\frac{e\omega}{r}$ ④ $\frac{2\pi e\omega}{r}$ ⑤ $\frac{e\omega}{2r}$

第3問 図のように、一様な弦の右端におんき A をつなぎ、滑車を通し左端に質量 m のおもりをつるす。滑車を動かして弦の長さを l にしたところ、腹が3個ある定常波ができた。ただし重力加速度の大きさを g とし、弦の線密度を ρ とする。以下の問い（問1～4）に答えよ。



図

問1 このときの固有振動数として正しい式はどれか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

- ① $\frac{3}{l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$ ② $\frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$ ③ $\frac{3}{4l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$
- ④ $\frac{3}{2(l+1)} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$ ⑤ $\frac{3}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$

問2 さらに質量 M のおもりをもう一つ下げたら、腹が2個の定常波ができた。このとき M を m を使って表した式として正しい式はどれか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $M = \frac{4}{5} m$ ② $M = \frac{5}{4} m$ ③ $M = \frac{1}{3} m$

④ $M = \frac{9}{4} m$ ⑤ $M = \frac{13}{9} m$

問3 次におんさ A を振動数が違うおんさ B に変えて、質量 m のおもりだけをつるして実験をした。腹が3個の定常波ができるように滑車を動かした。弦の長さは $x(x > 0)$ だけ長くしなければならなかった。おんさ A とおんさ B を同時にならすと単位時間あたり n 回のうなりが聞こえた。おんさ A の振動数を f_A 、おんさ B の振動数を f_B として、 f_B と f_A の関係を表す式として正しいものはどれか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $f_A = n f_B$ ② $f_B = n f_A$ ③ $f_B = f_A - n$

④ $f_A = f_B - n$ ⑤ $f_B = f_A$

問4 問3 のときに弦を伝わる波の速さを表す式として正しいものはどれか、次の①～⑤の中から1つ選び解答欄にマークせよ。

① $\frac{2}{3} nl$ ② $\frac{nl(l+x)}{x}$ ③ $\frac{2l(l+x)}{3nx}$

④ $\frac{3nl(l+x)}{2x}$ ⑤ $\frac{2nl(l+x)}{3x}$