

物 理 I

(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、水平な床とのなす角 45° で、床に垂直な壁 AO にたてかけられた長さ ℓ 、質量 M の一様な板 AB がある。壁 AO と板との間の摩擦はなく、板は床との間の摩擦によって支えられているものとする。さらに、板の上端 A に質量 m の小物体 P をのせて、時刻 $t=0$ に手をはなす。小物体 P は紙面内で板上をすべり、時刻 t_1 に板の下端 B に達する。小物体 P と板との間の摩擦はなく、重力加速度の大きさを g とする。なお、 $M > 2m$ とする。

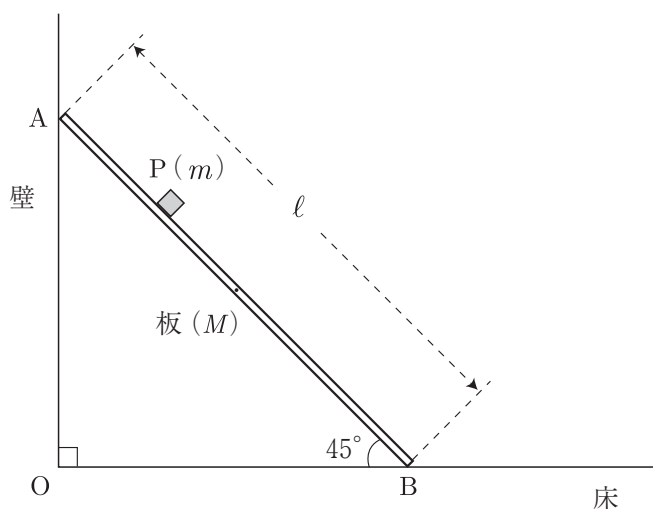


図 1

問1 小物体 P が板上をすべっているときの加速度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。 1

① $2g$

② $\sqrt{2}g$

③ $\frac{g}{\sqrt{2}}$

④ $\frac{g}{2}$

問2 時刻 t_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。

$t_1 =$ 2

① $\sqrt{\frac{2\sqrt{2}\ell}{g}}$

② $\sqrt{\frac{2\ell}{g}}$

③ $\sqrt{\frac{\sqrt{2}\ell}{g}}$

④ $\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

問3 時刻 t ($0 \leq t \leq t_1$) において、板が点 A で壁から受ける垂直抗力の大きさ 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。 $N =$ 3

① $\frac{g}{2} \left(M + 2m + \frac{\sqrt{2}mgt^2}{\ell} \right)$

② $\frac{g}{2} \left(M + 2m + \frac{mgt^2}{\sqrt{2}\ell} \right)$

③ $\frac{g}{2} \left(M + 2m - \frac{\sqrt{2}mgt^2}{\ell} \right)$

④ $\frac{g}{2} \left(M + 2m - \frac{mgt^2}{\sqrt{2}\ell} \right)$

問4 板が点 B で床から受ける力の鉛直成分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。 4

① $(2M + m)g$

② $\left(M + \frac{m}{2} \right)g$

③ $\frac{1}{2} \left(M + \frac{m}{2} \right)g$

④ $\frac{1}{4} \left(M + \frac{m}{2} \right)g$

物理 I

問 5 板が点 B で床から受ける力の水平成分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。 5

① $N + mg$

② $N + \frac{mg}{2}$

③ $N - mg$

④ $N - \frac{mg}{2}$

問 6 小物体 P が点 A から点 B まで板上をすべるあいだに板が動かないためには、点 B における板と床との間の静止摩擦係数 μ にどのような条件が必要か。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\mu \geq$ 6

① $\frac{M + m}{2M - m}$

② $\frac{2(M + m)}{2M - m}$

③ $\frac{M + m}{2M + m}$

④ $\frac{2(M + m)}{2M + m}$

第2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、なめらかで水平な床の上に質量 M [kg] の直方体の木片が静止している。この木片に質量 m [kg] の小さな弾丸を速さ v_0 [m/s] で水平に打ち込むと、弾丸は水平にある距離だけ木片にめり込んだ後、木片に対して静止する。なお、弾丸が木片に接触(時刻 $t = 0$ [s])してから木片に対して静止する(時刻 t_0 [s])まで、弾丸は木片から水平方向に一定の大きさ f [N] の抵抗力を受けながら減速するものとする。さらに、空気抵抗は無視できるものとする。また、速度は水平右向きを正とする。

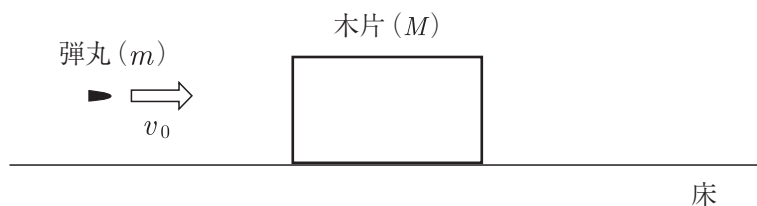


図 1

問1 時刻 t [s] ($0 \leq t \leq t_0$) における弾丸の速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1 [m/s]

- ① $v_0 + \frac{f}{m}t$ ② $v_0 - \frac{f}{m}t$ ③ $v_0 + \frac{m}{f}t$ ④ $v_0 - \frac{m}{f}t$

問2 時刻 t [s] ($0 \leq t \leq t_0$) における木片の速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [m/s]

① $v_0 + \frac{f}{M}t$ ② $v_0 + \frac{M}{f}t$ ③ $\frac{f}{M}t$ ④ $\frac{M}{f}t$

問3 時刻 t_0 [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。
 $t_0 =$ 3 [s]

① $\frac{Mmv_0}{f(M+m)}$ ② $\frac{f(M+m)}{Mmv_0}$ ③ $\frac{Mmf}{v_0(M+m)}$ ④ $\frac{v_0(M+m)}{Mmf}$

問4 時刻 t_0 [s] 以後の弾丸と木片の速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4 [m/s]

① $\frac{M-m}{m}v_0$ ② $\frac{m}{M-m}v_0$ ③ $\frac{M+m}{m}v_0$ ④ $\frac{m}{M+m}v_0$

問5 弾丸が木片に対してめり込んだ距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5 [m]

① $\frac{Mmv_0^2}{f(M+m)}$ ② $\frac{Mmv_0^2}{2f(M+m)}$ ③ $\frac{f(M+m)}{Mmv_0^2}$ ④ $\frac{2f(M+m)}{Mmv_0^2}$

問6 $t = 0$ [s] から t_0 [s] の間に発生した熱エネルギーはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6 [J]

① $\frac{2f^2(M+m)}{Mmv_0^2}$ ② $\frac{f^2(M+m)}{Mmv_0^2}$

③ $\frac{Mmv_0^2}{2(M+m)}$ ④ $\frac{Mmv_0^2}{M+m}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 5] (配点 20)

図1のように、真空中に、はばの狭いスリット S_1 , S_2 を間隔 d であけたつuitたと、スクリーンが距離 L で平行におかれている。 S_1 , S_2 の垂直二等分線とスクリーンの交点を O とする。スリットの左側には、長さの等しい二つの透明な容器 A , B (内側の長さは t) がおかれている。はじめ、容器 A , B の内部もともに真空にしてある。真空中の波長 λ の同位相の光を、図1のように、つuitたてに垂直に S_1 , S_2 に入射させるものとする。

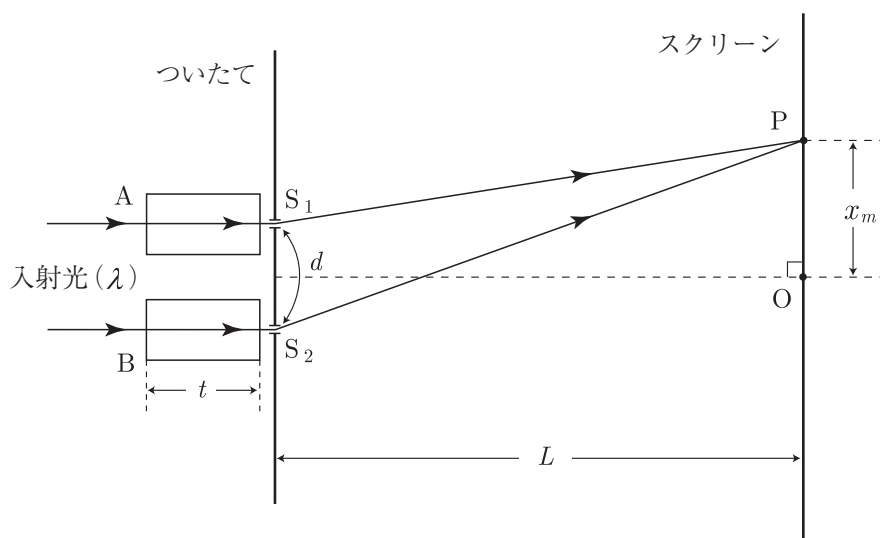


図 1

問1 スリット S_1 , S_2 を通ってスクリーン上の点 P に達する光は、 S_1 , S_2 のところで光の進路が曲がるが、それはどのような現象によるものか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① 屈折 ② 回折 ③ 反射 ④ 偏光

問2 OP間の距離を x_m とすると、 S_2P と S_1P の距離の差はいくらか。ただし、 x_m や d は L にくらべて十分小さいので、 $S_2P + S_1P \doteq 2L$ とする。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $S_2P - S_1P \doteq$ 2

① $\frac{dx_m}{6L}$

② $\frac{dx_m}{4L}$

③ $\frac{dx_m}{2L}$

④ $\frac{dx_m}{L}$

問3 点Pの位置に明線が観測された。このとき、 x_m はいくらか。ただし、 m は負でない整数とする。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$x_m =$ 3

① $\frac{L\lambda}{d}m$

② $\frac{L\lambda}{2d}m$

③ $\frac{L\lambda}{4d}m$

④ $\frac{L\lambda}{6d}m$

問4 スクリーン上での、となりあう明線間の間隔はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① $\frac{L\lambda}{2d}$

② $\frac{L\lambda}{d}$

③ $\frac{2L\lambda}{d}$

④ $\frac{4L\lambda}{d}$

問5 容器Bの内部は真空のままにし、容器Aの内部に絶対屈折率 n の気体を入れると、点Pの位置にあった明線はスクリーン上を移動した。その移動距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{d}{Lt}(n-1)$

② $\frac{d}{Lt}(n+1)$

③ $\frac{Lt}{d}(n-1)$

④ $\frac{Lt}{d}(n+1)$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 4] (配点 20)

図1のように、 $R[\Omega]$ の電気抵抗2個と $2R[\Omega]$ の電気抵抗と起電力 $E[\text{V}]$ と $2E[\text{V}]$ の直流電源とスイッチSとを接続した。3個の電気抵抗以外の回路の抵抗は、すべて無視できるものとする。はじめ、スイッチSは開かれている。

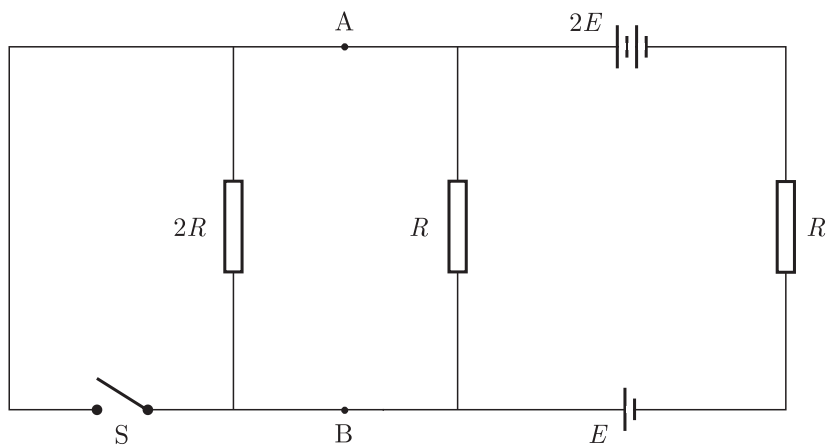


図 1

問1 図1のAB間の合成抵抗はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1 $[\Omega]$

① $\frac{5}{3}R$

② $\frac{4}{3}R$

③ R

④ $\frac{2}{3}R$

問2 起電力 $2E$ $[V]$ の直流電源を流れる電流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 $[A]$

① $\frac{E}{5R}$

② $\frac{2E}{5R}$

③ $\frac{3E}{5R}$

④ $\frac{4E}{5R}$

問3 スイッチ S を閉じた。このとき、起電力 $2E$ $[V]$ の直流電源を流れる電流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。

3 $[A]$

① $\frac{E}{R}$

② $\frac{E}{2R}$

③ $\frac{E}{3R}$

④ $\frac{E}{4R}$

問4 問3において、起電力 $2E$ $[V]$ の直流電源が供給する電力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4 $[W]$

① $\frac{E^2}{2R}$

② $\frac{E^2}{R}$

③ $\frac{2E^2}{R}$

④ $\frac{4E^2}{R}$