

問題・解答
用紙番号

53

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部・学科〉

3科目型 受験者 **3科目型と2科目型の併願受験者**

理工学部, 農学部【理系型】(農業生産学科・応用生物科学科・食品栄養学科)

2科目型 受験者

理工学部(生命科学科), 農学部【理系型】(農業生産学科・応用生物科学科・食品栄養学科)

問題は100点満点で作成しています。

I 次の文を読み, 各問いに対する最も適切な答えを, それぞれの解答群から一つ選び, その記号を解答欄にマークせよ。なお, 重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし, 空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

[1] 図1のように, 水平面と θ [rad] の角をなす粗い斜面上に質量 m [kg] の小物体を置いたところ, 小物体は静止した。以下の問いに答えよ。

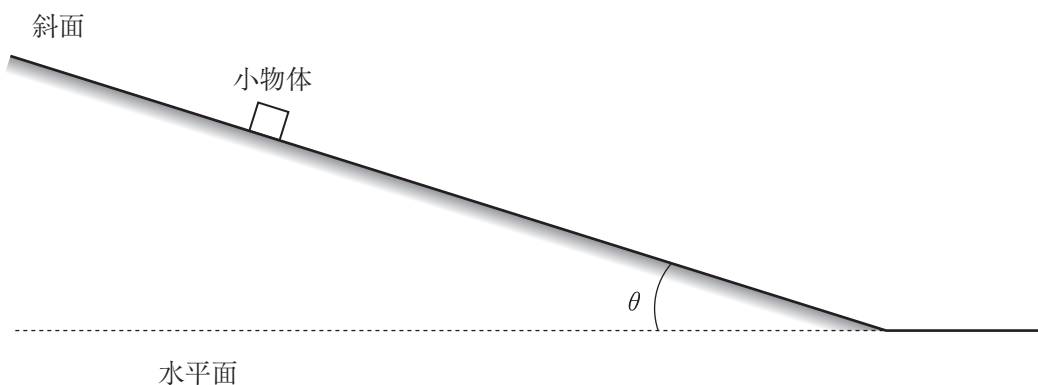


図 1

問 1 . 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) $g \sin \theta$ (イ) $g \cos \theta$ (ウ) mg
(エ) $mg \sin \theta$ (オ) $mg \cos \theta$

問 2 . 小物体が斜面から受ける摩擦力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) $g \sin \theta$ (イ) $g \cos \theta$ (ウ) mg
(エ) $mg \sin \theta$ (オ) $mg \cos \theta$

[2] 図2のように[1]の小物体に、斜面に沿って下向きに大きさ F [N] の力を加え、徐々に F を大きくしていった。 $F = F_0$ となったとき小物体は動き始めた。小物体と斜面との間の動摩擦係数を μ として以下の問いに答えよ。

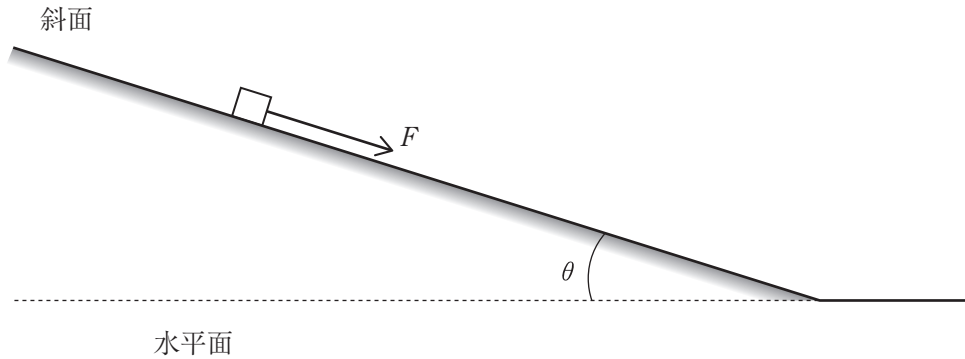


図2

問3. 最大摩擦力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) $mg \sin \theta + F_0$ (イ) $mg \cos \theta + F_0$ (ウ) $mg + F_0$
 (エ) $mgF_0 \sin \theta$ (オ) $mgF_0 \cos \theta$

問4. F_0 より大きな F では小物体は斜面上を運動した。このとき、小物体の加速度の大きさは何 m/s^2 か。

解答群

- (ア) $\frac{F}{m}$ (イ) $-\mu g \cos \theta + \frac{F}{m}$
 (ウ) $-\mu mg \cos \theta + F$ (エ) $g \sin \theta - \mu g \cos \theta + \frac{F}{m}$
 (オ) $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta + F$

- [3] 図3のように水平面と θ [rad] の角をなす粗い斜面上に、密度が一様で質量 M [kg] の物体を置いたところ、物体は静止した。図3は物体の側面に平行で重心を通る断面を表しており、物体は底面が一辺の長さ a [m] の正方形で、高さが b [m] の直方体である。物体と斜面との間の静止摩擦係数を μ_0 として以下の問いに答えよ。

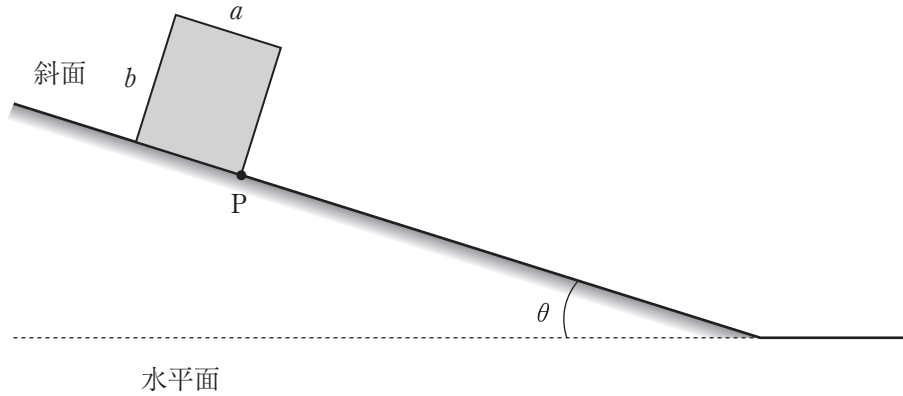


図3

- 問5. 物体の重心のまわりの摩擦力による力のモーメントは何 $\text{N}\cdot\text{m}$ か。ただし、反時計回りの力のモーメントを正とする。

解答群

- (ア) $-\frac{1}{2} a Mg \sin \theta$ (イ) $-a Mg \sin \theta$ (ウ) $-\frac{1}{2} b Mg \sin \theta$
 (エ) $-b Mg \sin \theta$ (オ) $-Mg \sin \theta$

- 問6. 物体の重心のまわりの力のモーメントのつり合いから、垂直抗力による力のモーメントは何 $\text{N}\cdot\text{m}$ か。ただし、反時計回りの力のモーメントを正とする。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2} a Mg \sin \theta$ (イ) $a Mg \sin \theta$ (ウ) $\frac{1}{2} b Mg \sin \theta$
 (エ) $b Mg \sin \theta$ (オ) $Mg \sin \theta$

問7. 図3に示す物体の下端を点 P とすると、斜面からの垂直抗力の作用点は点 P から何 m はなれているか。

解答群

- (ア) $\frac{a}{b}$ (イ) $\frac{a}{2b}$ (ウ) $\frac{1}{2}(a - b \sin \theta)$
 (エ) $\frac{1}{2}(a - b \cos \theta)$ (オ) $\frac{1}{2}(a - b \tan \theta)$

図4のように斜面の角度が $\theta = \alpha$ [rad] より大きい場合、物体を斜面に静かに置くと、下端 P を支点にすべらずに転倒する。

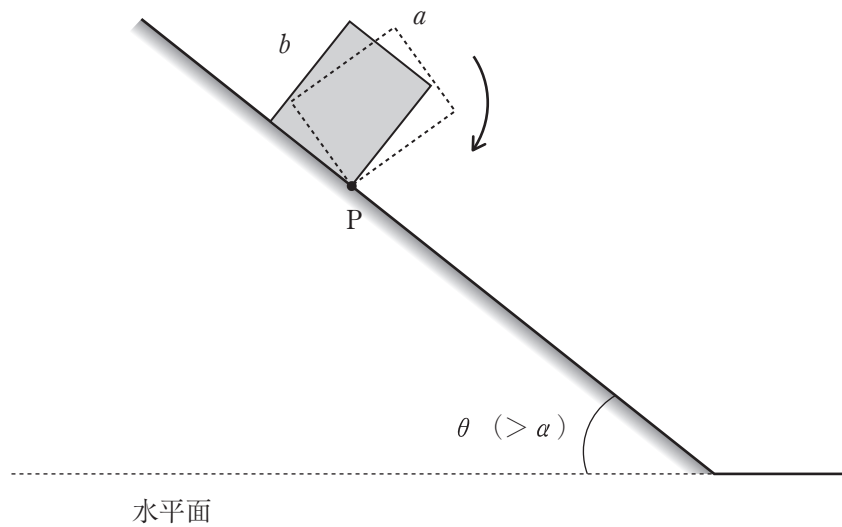


図4

問8. 斜面の角度が $\theta = \alpha$ において、物体がすべり出さないための静止摩擦係数 μ_0 はいくら以上か。 $\tan \alpha$ を用いてその条件を求めよ。

解答群

- (ア) $\mu_0 \geq \frac{1}{2} \tan \alpha$ (イ) $\mu_0 \geq \tan \alpha$ (ウ) $\mu_0 \geq 1 - \tan \alpha$
 (エ) $\mu_0 \geq \frac{1}{\tan \alpha}$ (オ) $\mu_0 \geq \tan^2 \alpha$

問9. $\tan \alpha$ はいくらか。

解答群

(ア) $\frac{a}{b}$

(イ) $\frac{a}{2b}$

(ウ) $\frac{1}{2}bMg$

(エ) $\frac{a}{b}g$

(オ) Mg

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、回路に用いる導線の電気抵抗および直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。また、はじめコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。(30点)

[1] 図1のように、電気容量 C [F] のコンデンサー、抵抗値 R [Ω] の抵抗、起電力 V [V] の直流電源およびスイッチ S を接続した。

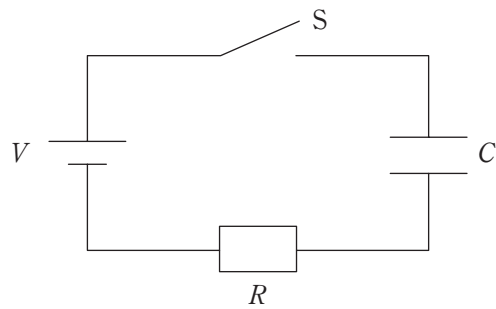


図1

問1. スイッチ S を閉じて十分な時間が経過したのちコンデンサーの充電が完了した。このときコンデンサーに蓄えられた電荷 Q [C] はいくらか。

解答群

- | | | |
|------------|-----------------------|----------------------|
| (ア) 0 | (イ) $\frac{C}{V}$ | (ウ) CV |
| (エ) CV^2 | (オ) $\frac{1}{2}CV^2$ | (カ) $\frac{C}{2V^2}$ |

問2. 問1のとき、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギー E [J] はいくらか。

解答群

- | | | |
|------------|-----------------------|----------------------|
| (ア) 0 | (イ) $\frac{C}{V}$ | (ウ) CV |
| (エ) CV^2 | (オ) $\frac{1}{2}CV^2$ | (カ) $\frac{C}{2V^2}$ |

問3. スイッチ S を閉じてからコンデンサーの充電が完了するまでに、直流電源がした仕事の大きさ W [J] はいくらか。問1の Q を用いて表せ。

解答群

- | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| (ア) $\frac{Q}{V}$ | (イ) $\frac{1}{4}QV$ | (ウ) $\frac{1}{2}QV$ |
| (エ) QV | (オ) $2QV$ | (カ) $4QV$ |

問4. スイッチ S を閉じてからコンデンサーの充電が完了するまでに、抵抗で消費された電力量は何 J か。ただし、問2の E および問3の W を用いて表せ。

解答群

- | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|
| (ア) $W - E$ | (イ) $E + W$ | (ウ) EW |
| (エ) EW^2 | (オ) $\frac{E}{W}$ | (カ) $\frac{E}{W^2}$ |

問5. 充電の効率 $\frac{E}{W}$ はいくらか。

解答群

- | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| (ア) $\frac{1}{4}$ | (イ) $\frac{1}{4}V$ | (ウ) $\frac{1}{4V}$ |
| (エ) $\frac{1}{2}$ | (オ) $\frac{1}{2}V$ | (カ) $\frac{1}{2V}$ |

[2] 図2のように、電気容量 C [F] のコンデンサー、抵抗値 R [Ω] の抵抗、起電力がそれぞれ $\frac{V}{2}$ [V] の直流電源 V_1 および V_2 、2 個のスイッチ S_1 および S_2 を接続した。

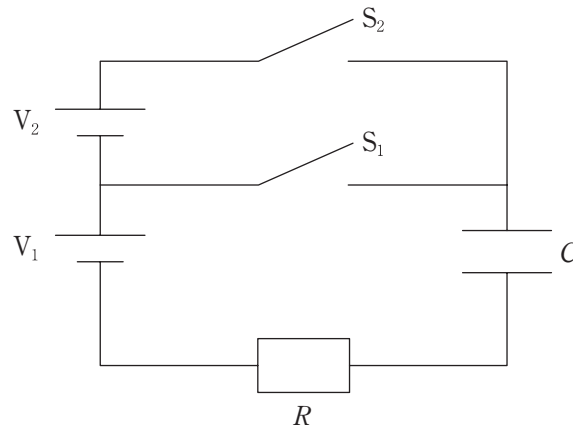


図 2

問 6. 図 2 の回路において、まずスイッチ S_1 のみを閉じてコンデンサーに充電した。スイッチ S_1 を閉じてからコンデンサーの充電が完了するまでに直流電源 V_1 がした仕事の大きさ W_A [J] はいくらか。

解答群

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| (ア) $\frac{CV^2}{4}$ | (イ) $\frac{CV^2}{2}$ | (ウ) CV^2 |
| (エ) $\frac{V^2}{4C}$ | (オ) $\frac{V^2}{2C}$ | (カ) $\frac{V^2}{C}$ |

問 7. 問 6 の操作ののち、スイッチ S_1 を開けてから、スイッチ S_2 を閉じてコンデンサーに充電した。充電完了後のコンデンサーの両端の電圧は V [V] であった。このとき、コンデンサーに蓄えられた電荷は、問 6 においてスイッチ S_1 を閉じて充電したときと比べ、 ΔQ [C] だけ増加した。 ΔQ は何 C か。

解答群

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| (ア) $\frac{C}{8V}$ | (イ) $\frac{C}{4V}$ | (ウ) $\frac{C}{2V}$ |
| (エ) $\frac{CV}{8}$ | (オ) $\frac{CV}{4}$ | (カ) $\frac{CV}{2}$ |

問8. 問7において、スイッチ S_2 を閉じてから電荷 ΔQ がコンデンサーに加わる時、2個の直流電源 V_1 および V_2 がした仕事の合計の大きさ W_B [J] はいくらか。

解答群

- | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| (ア) $\frac{C}{2V^2}$ | (イ) $\frac{C}{V^2}$ | (ウ) $\frac{2C}{V^2}$ |
| (エ) $\frac{CV^2}{2}$ | (オ) CV^2 | (カ) $2CV^2$ |

問9. 問6および問7の一連の操作において、直流電源 V_1 および V_2 がした仕事の合計の大きさ W' [J] = $W_A + W_B$ はいくらか。

解答群

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| (ア) $\frac{1}{4} CV^2$ | (イ) $\frac{1}{2} CV^2$ | (ウ) $\frac{3}{4} CV^2$ |
| (エ) $\frac{4}{5} CV^2$ | (オ) CV^2 | (カ) $2CV^2$ |

問10. 問7の充電完了後にコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを E' [J] とする。

問6および問7の一連の操作による充電の効率 $\frac{E'}{W'}$ はいくらか。

解答群

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| (ア) $\frac{1}{3}$ | (イ) $\frac{2}{5}$ | (ウ) $\frac{1}{2}$ |
| (エ) $\frac{3}{5}$ | (オ) $\frac{2}{3}$ | (カ) $\frac{4}{5}$ |

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。(30点)

[1] 一端を閉じた断面積 S [m²] の太さが一様なガラス管を鉛直に立て、水銀によって理想気体を封入した。水銀の質量は m [kg] で、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。図 1 のように、管の閉じた端が下のとき気体部の長さは h [m] であり、上のとき H [m] となった。封入した気体は周囲と同じ一定温度を保ち、大気圧を p_0 [Pa] として以下の問いに答えよ。

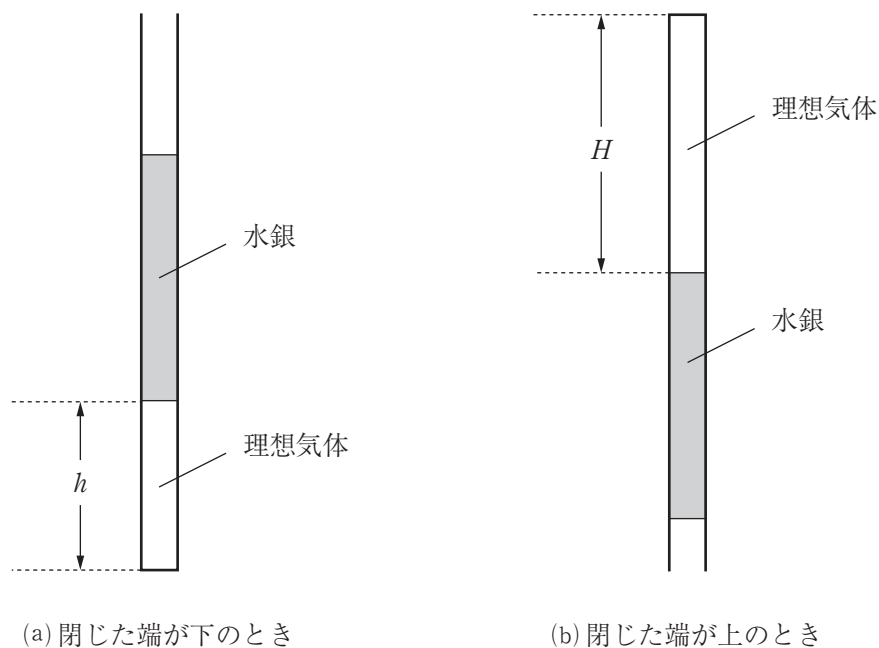


図 1

問 1. 図 1 の (a) のように、閉じた端が下のとき、気体の圧力は何 Pa か。

解答群

- (ア) p_0 (イ) $\frac{mg}{S}$ (ウ) $-\frac{mg}{S}$ (エ) $p_0 + \frac{mg}{S}$ (オ) $p_0 - \frac{mg}{S}$

問 2. 図 1 の (b) のように、閉じた端が上のとき、気体の圧力は何 Pa か。

解答群

- (ア) p_0 (イ) $\frac{mg}{S}$ (ウ) $-\frac{mg}{S}$ (エ) $p_0 + \frac{mg}{S}$ (オ) $p_0 - \frac{mg}{S}$

問3. 大気圧 p_0 は何 Pa か。

解答群

- (ア) $\frac{mg}{S} \frac{H}{h}$ (イ) $\frac{mg}{S} \frac{h}{H}$ (ウ) $\frac{mg}{S} \frac{H+h}{H-h}$
 (エ) $\frac{mg}{S} (H+h)$ (オ) $\frac{mg}{S} (H-h)$

[2] x 軸上を負の向きに進む振幅 A [m], 波長 λ [m], 速さ v [m/s] の正弦波を考える。

図2は, 時刻 $t = 0$ s での正弦波の形を示したもので, このときの位置 x での変位 y [m] は次の式で表せる。

$$y = -A \sin(kx)$$

ここで, k は正の定数である。以下の問いに答えよ。

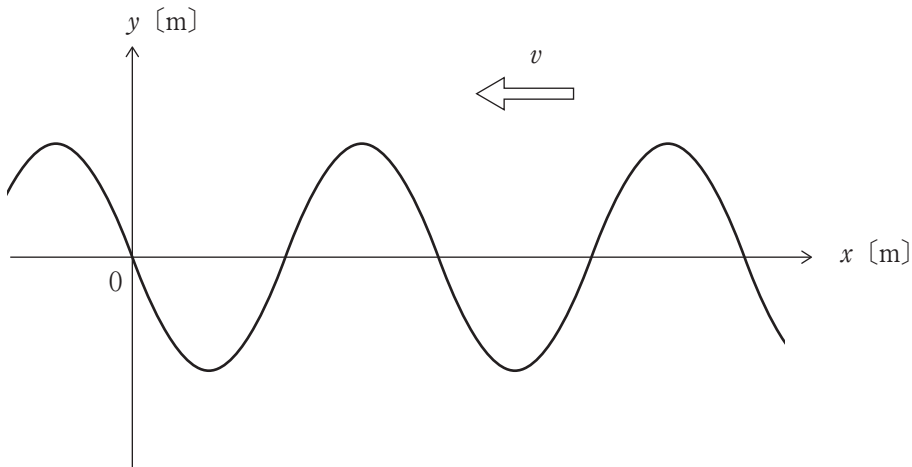


図2

問4. この波は $t = 0$ s において位置 $x = \frac{\pi}{2k}$ [m] で谷となるが, この谷から λ の長さだけ移動した位置でも再び谷になることから, k を λ で表せ。

解答群

- (ア) $\frac{1}{\lambda}$ (イ) $\frac{2\pi}{\lambda}$ (ウ) $2\pi\lambda$ (エ) $\frac{\lambda}{2\pi}$ (オ) $2\pi + \frac{1}{\lambda}$

問5. この波の周期は何 s か。

解答群

- (ア) $\frac{v}{\lambda}$ (イ) $\frac{\lambda}{v}$ (ウ) $2\pi \frac{\lambda}{v}$ (エ) $\frac{1}{2\pi} \frac{\lambda}{v}$ (オ) $2\pi + \frac{\lambda}{v}$

問6. 問5で求めた周期を T [s] としたとき, 任意の時刻 t [s] における適切な波の式を選べ。

解答群

- (ア) $y = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T} \right) \right\}$ (イ) $y = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right\}$
 (ウ) $y = -A \sin \{ 2\pi (\lambda x + T t) \}$ (エ) $y = -A \sin \{ 2\pi (\lambda x - T t) \}$
 (オ) $y = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \times \frac{t}{T} \right) \right\}$

この正弦波が $x = 0$ m で固定端反射する場合を考える。反射波は入射波と振幅の等しい正弦波として x 軸の正の向きに進んでいる。図3は, 時刻 $t = 0$ s での入射波のみの形を示したものであり, 図2と同様に, $x \geq 0$ の領域で

$$y = -A \sin(kx)$$

と表せる。

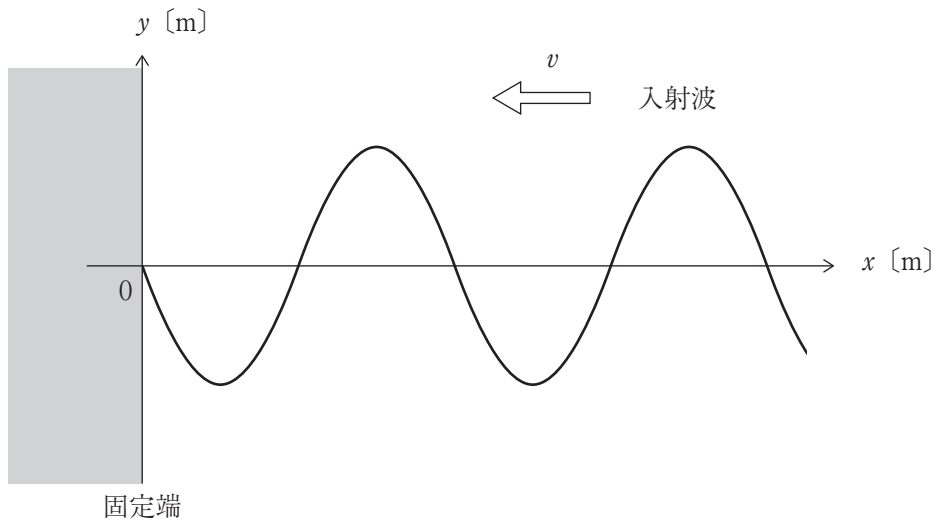


図3

問7. 時刻 $t = 0\text{ s}$ での反射波を k を用いて表せ。

解答群

- (ア) $y = A \sin(kx)$ (イ) $y = -A \sin(kx)$ (ウ) $y = A \cos(kx)$
(エ) $y = -A \cos(kx)$ (オ) $y = A \tan(kx)$

問8. 入射波と反射波が重なりあって定在波（定常波）ができる。 $t = 0\text{ s}$ での位置 $x = \frac{\lambda}{4}$ [m] における定在波（定常波）の変位 y は何 m か。

解答群

- (ア) 0 (イ) $-\frac{1}{4}A$ (ウ) $-\frac{1}{2}A$ (エ) $-A$ (オ) $-2A$

問9. 時刻 $t = 0\text{ s}$ から $\frac{1}{4}$ 周期経過したとき、すなわち $t = \frac{T}{4}$ [s] のときの位置 $x = \frac{\lambda}{4}$ [m] における定在波（定常波）の変位 y は何 m か。

解答群

- (ア) 0 (イ) $-\frac{1}{4}A$ (ウ) $-\frac{1}{2}A$ (エ) $-A$ (オ) $-2A$