

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】

2科目型 受験者

理工学部(生命科学科), 農学部【理系型】

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/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

図1のように、なめらかな斜面と壁が一つとなった質量 M [kg] の台がなめらかで水平な床の上に静止している。台のなめらかな水平面を基準として h [m] の高さから質量 m [kg] の小球を斜面に沿って静かにすべらせた。すべり落ちた小球は壁に衝突してはね返り、その後斜面上をのぼった。小球と壁の間の反発係数を e とし、床面上に水平右向きに x 軸を定める。なお、小球は壁に対して垂直に衝突するものとする。

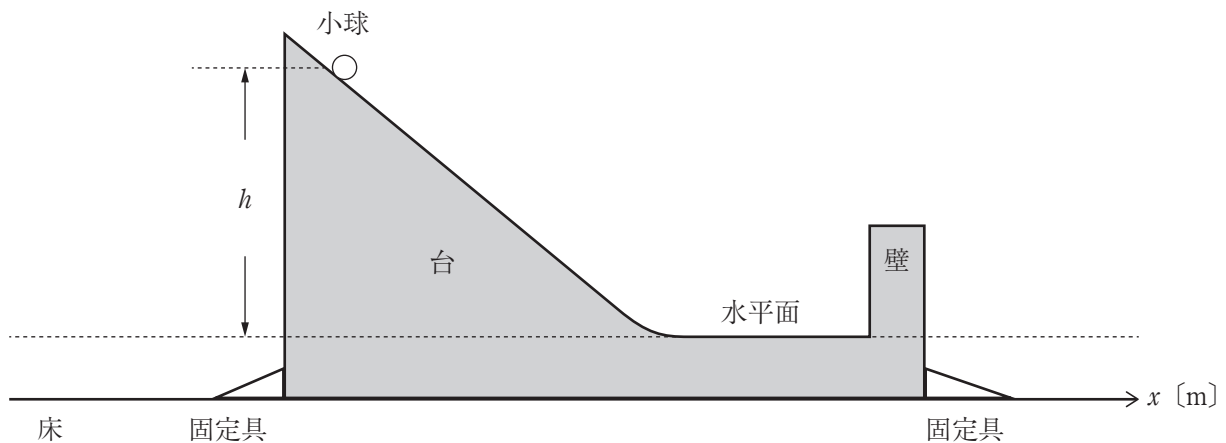


図1

[1] 図1の固定具により台が床に固定されている場合について以下の問いに答えよ。

問1. 小球が壁に衝突する直前の速度の水平成分は何 m/s か。

解答群

(ア) $2gh$ (イ) gh (ウ) $2\sqrt{gh}$ (エ) $\sqrt{2gh}$ (オ) \sqrt{gh}

問2. 小球が壁に衝突した直後の速度の水平成分は何 m/s か。

解答群

(ア) $-2e\sqrt{gh}$ (イ) $-e\sqrt{2gh}$ (ウ) $-e\sqrt{gh}$ (エ) $e\sqrt{gh}$ (オ) $e\sqrt{2gh}$

問3. 最初に壁ではね返った小球が到達する最高点の高さは台の水平面から何 m か。

解答群

(ア) h (イ) $\frac{1}{2}h$ (ウ) $\frac{1}{2}eh$ (エ) eh (オ) e^2h

[2] 固定具を取りのぞき、台が床の上を自由に移動できるようにした。再び、台の水平面を基準として h [m] の高さから小球を静かにはなして斜面上に沿ってすべらせると、小球と台は互いに垂直抗力によって作用と反作用をおよぼし合っていることから、**図2**のように台は x 軸の負の方向に動き始めた。斜面上をすべり始めてから壁との衝突を含めたその後の運動において、この2物体には水平方向に関して外力を受けておらず内力のみを受ける。ゆえに水平方向の運動量保存則が成り立つことを考慮して、以下の問いに答えよ。ただし、小球がはじめて壁に衝突する直前の小球と台のそれぞれの速度の水平成分を v_x [m/s], V_x [m/s]、衝突直後の小球と台のそれぞれの速度の水平成分を v'_x [m/s], V'_x [m/s] とする。

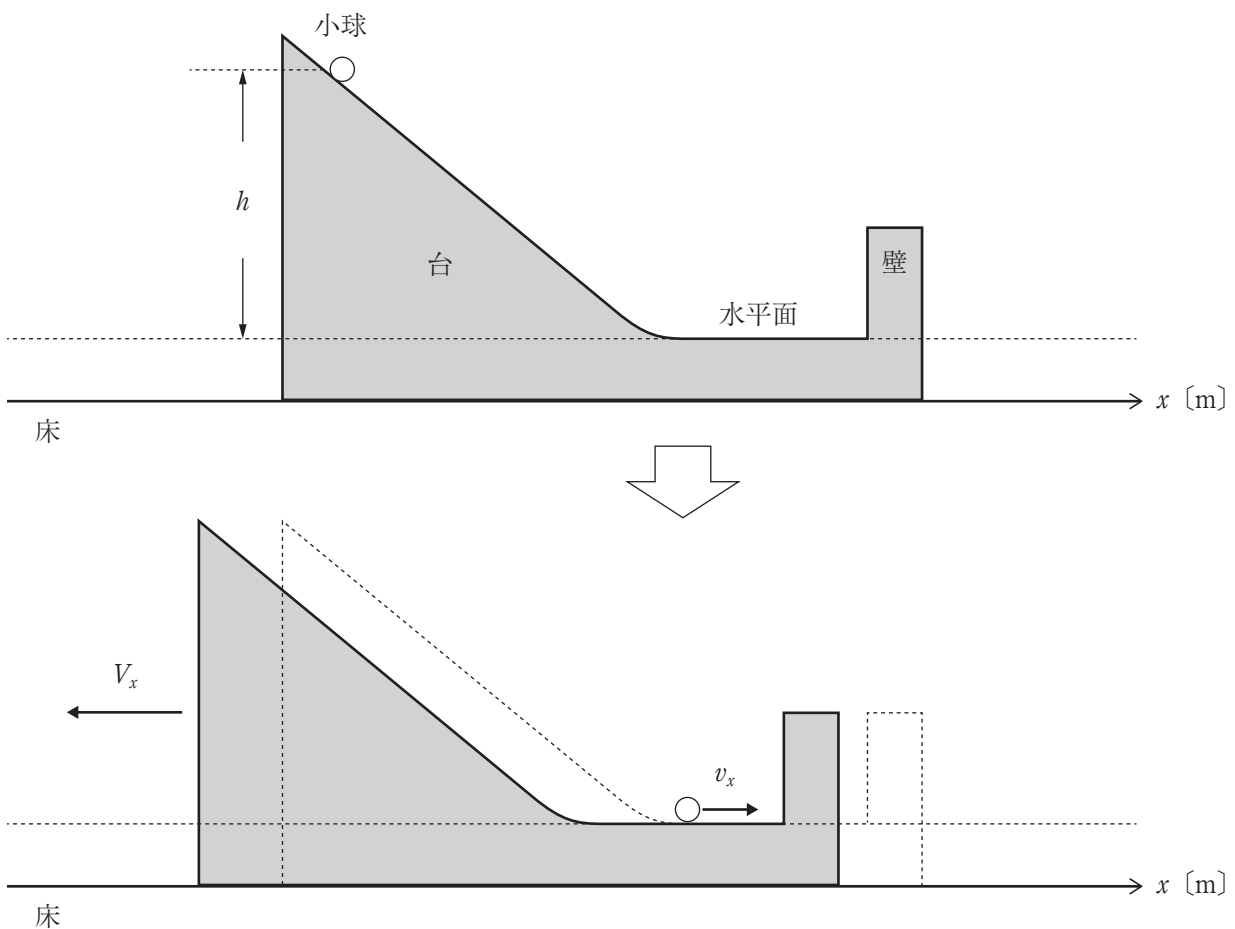


図2

問4. 小球と台の水平方向の運動量保存則を表した式として正しいものを選び。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}MV_x^2 = 0$ (イ) $\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}MV_x^2 = mv_x + MV_x$
 (ウ) $mv_x + MV_x = 0$ (エ) $\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}MV_x^2 = mgh$
 (オ) $mv_x + MV_x = mgh$

問5. 壁に衝突する直前の v_x は何 m/s か。

解答群

- (ア) \sqrt{gh} (イ) $\sqrt{\frac{Mgh}{M+m}}$ (ウ) $\sqrt{\frac{2Mgh}{M+m}}$
 (エ) $\frac{m}{M} \sqrt{\frac{mgh}{M+m}}$ (オ) $\sqrt{\frac{Mgh}{m}}$

問6. 壁に衝突する直前の V_x は何 m/s か。

解答群

- (ア) $-m\sqrt{gh}$ (イ) $-\sqrt{\frac{mgh}{M+m}}$ (ウ) $-\sqrt{\frac{2gh}{M(M+m)}}$
 (エ) $-m\sqrt{\frac{2gh}{M(M+m)}}$ (オ) $-\sqrt{\frac{mgh}{M}}$

問7. 小球と壁の衝突前後において、反発係数は $e = -\frac{v_x' - V_x'}{v_x - V_x}$ の関係式をみだす。この関係式と運動量保存則から衝突直後の小球と台の v_x' と V_x' を表した式として正しい組み合わせを選び。

解答群

- (ア) $\begin{cases} ev_x & \text{(小球)} \\ -eV_x & \text{(台)} \end{cases}$ (イ) $\begin{cases} -ev_x & \text{(小球)} \\ eV_x & \text{(台)} \end{cases}$ (ウ) $\begin{cases} ev_x & \text{(小球)} \\ eV_x & \text{(台)} \end{cases}$
 (エ) $\begin{cases} eV_x & \text{(小球)} \\ ev_x & \text{(台)} \end{cases}$ (オ) $\begin{cases} -ev_x & \text{(小球)} \\ -eV_x & \text{(台)} \end{cases}$

問 8. 最初に壁ではね返った小球が再び斜面をのぼり最高点に到達したとき, 小球と台の運動として正しいものを選べ。

解答群

- (ア) 小球と台はともに床に対して静止した。
- (イ) 小球と台は一体となって床面上を x 軸の正の向きに運動した。
- (ウ) 小球と台は一体となって床面上を x 軸の負の向きに運動した。

問 9. 最初に壁ではね返った小球が到達する最高点の高さは台の水平面から何 m か。

解答群

- (ア) h
- (イ) $\frac{1}{2}h$
- (ウ) $\frac{1}{2}eh$
- (エ) eh
- (オ) e^2h

Ⅱ 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。(30点)

図1のように、磁束密度の大きさ B [T] で鉛直上向き（紙面に垂直に裏から表の向き）の一樣な磁場中に、2本の平行で十分に長い導体のレールを同一水平面上に固定した。2本のレールの間隔は d [m] である。レールの左端には、抵抗値 R [Ω] の抵抗、起電力 E [V] の内部抵抗の無視できる電池およびスイッチ S が取り付けられている。レールの途中には、長さ d [m] の導体棒がレールに対し直角に置かれている。導体棒がレールと接する点を P 点、 Q 点とし、導体棒は電氣的接触を保ちながら空気抵抗や摩擦なくレール上をすべることができるものとする。また、導体棒、レールおよび配線に用いた導線の電気抵抗は無視でき、導線を通れる電流によって生じる磁場の影響はないものとして以下の問いに答えよ。

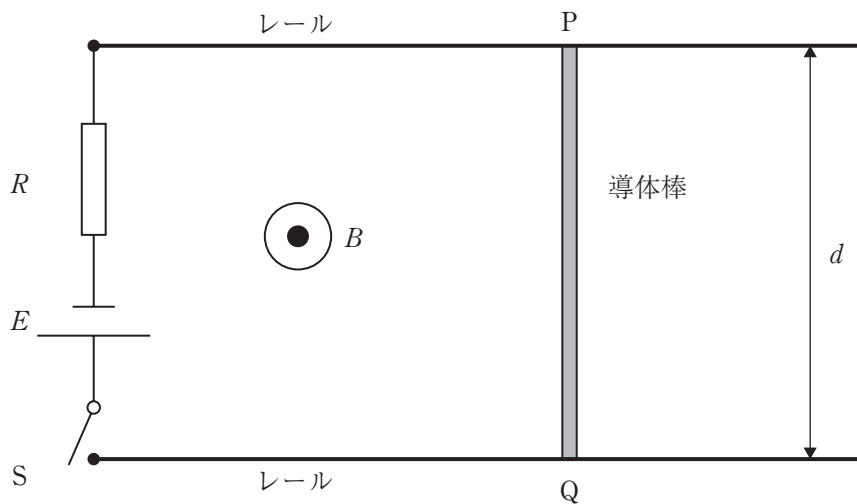


図1

[1] スイッチ S を閉じると回路に電流が流れ、静かに導体棒が動き出した。

問1. スイッチを閉じた直後に、導体棒に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) $\frac{R}{E}$ (イ) $\frac{E}{R}$ (ウ) ER (エ) $\frac{E}{d}$ (オ) $\frac{Ed}{R}$

問2. 問1のとき導体棒にはたらく力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) EBd (イ) $EBdR$ (ウ) $\frac{Bd}{R}$ (エ) $\frac{Ed}{R}$ (オ) $\frac{EBd}{R}$

問3. 問1のとき導体棒にはたらく力の向きで最も適切なものを選び。

解答群

- (ア) 磁場に平行で磁場と同じ向き
(イ) 磁場に平行で磁場と反対の向き
(ウ) レールに沿って右向き
(エ) レールに沿って左向き
(オ) 導体棒に沿って P から Q へ向かう向き
(カ) 導体棒に沿って Q から P へ向かう向き

[2] 導体棒の運動の加速中、あるときの速さが v [m/s] であった。この状態について、以下の問いに答えよ。

問4. 導体棒の両端に生じる誘導起電力の大きさは何 V か。

解答群

- (ア) vBd (イ) $vBdR$ (ウ) $\frac{Bd}{R}$ (エ) $\frac{vd}{R}$ (オ) $\frac{vBd}{R}$

問5. 導体棒に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) $E - vBd$ (イ) $\frac{E}{R} - vBdR$ (ウ) $\frac{E - Bd}{R}$
(エ) $\frac{E - vd}{R}$ (オ) $\frac{E - vBd}{R}$

問6. 電池が供給する電力は何 W か。

解答群

- (ア) $\frac{E - vBd}{R}$ (イ) $\frac{E(E - vBd)}{R}$ (ウ) $ER(E - vBd)$
(エ) $\frac{E^2}{R} - vBd$ (オ) $\frac{E^2 - vBd}{R}$

問7. 導体棒にはたらく力の仕事率は何 W か。

解答群

- (ア) $\frac{vBd(E - vBd)}{R}$ (イ) $\frac{E(E - vBd)}{R}$ (ウ) $\frac{(E - vBd)^2}{R}$
(エ) $\frac{E^2}{R} - vBd$ (オ) $\frac{E^2 - (vBd)^2}{R}$

問8. 電池が供給する電力と導体棒にはたらく力の仕事率についての説明で最も適切なもの
を選べ。

解答群

- (ア) 電力 = 仕事率の関係があり，電気エネルギーと力学的エネルギー間に保存則が成り立っている。
(イ) 電力 < 仕事率の関係があり，その差は抵抗で消費される1秒あたりのジュール熱に等しい。
(ウ) 電力 > 仕事率の関係があり，その差は抵抗で消費される1秒あたりのジュール熱に等しい。
(エ) 電池は抵抗でエネルギーを全て消費し，導体棒は磁場からエネルギーをもらい運動している。
(オ) 電力と仕事率の合計が，磁場が放出するエネルギーに等しい。

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。なお、答えが数値の場合は、最も近い値を解答群から選べ。(30点)

[1] 図1のように正弦曲線で表される波形の波が x 軸上を右向き (x 軸正の向き) に一定の速さで進んでいる。図1は時刻 $t = 0$ s での波形を表し、波の先端は点 F にある。媒質の各点が振動する方向に y 軸をとり、媒質の変位を y [m] とする。波は減衰しないものとして、以下の問いに答えよ。

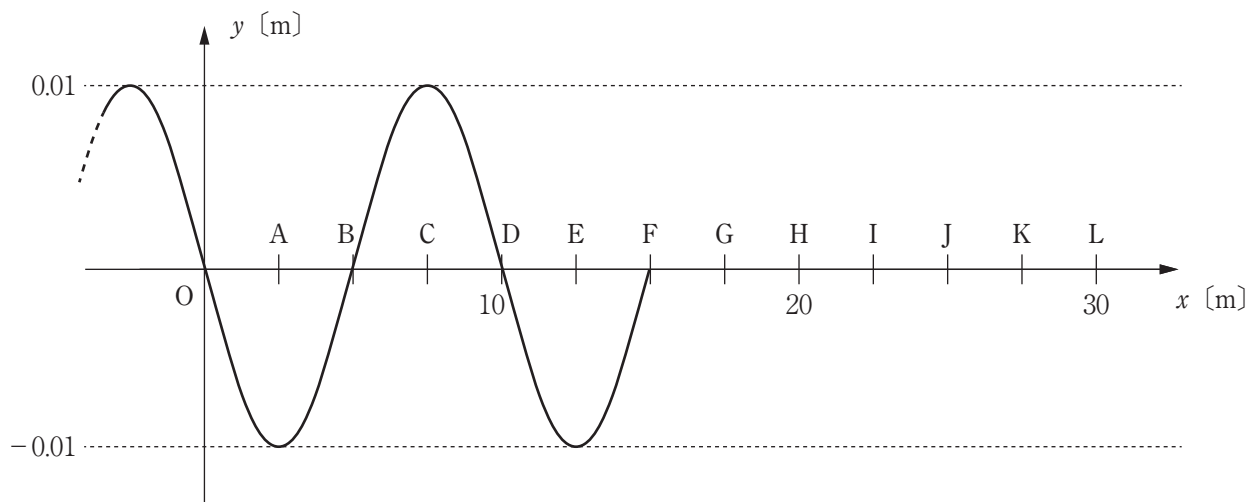


図1

問1. 点 D ($x = 10$ m) での媒質の振動の周期は 2.0 s であった。時刻 $t = 9.0$ s での、点 D における媒質の変位と速度の向きについて、正しい組み合わせを選べ。

解答群

- (ア) 媒質の変位は $y = -0.01$ m で、速度は 0 m/s
- (イ) 媒質の変位は $y = -0.01$ m で、速度は y 軸の正の向き
- (ウ) 媒質の変位は $y = 0$ m で、速度は y 軸の負の向き
- (エ) 媒質の変位は $y = 0$ m で、速度は 0 m/s
- (オ) 媒質の変位は $y = 0$ m で、速度は y 軸の正の向き
- (カ) 媒質の変位は $y = 0.01$ m で、速度は y 軸の負の向き
- (キ) 媒質の変位は $y = 0.01$ m で、速度は 0 m/s

問2. この波の先端が点 L に達する時刻は何 s か。

解答群

- (ア) 1.5 (イ) 3.0 (ウ) 4.0 (エ) 5.0 (オ) 6.0

問3. この波の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア) 2.5 (イ) 3.0 (ウ) 3.75 (エ) 5.0 (オ) 10.0

問4. $x = 42 \text{ m}$ の位置の媒質の変位がはじめて $y = 0.01 \text{ m}$ になる時刻は何 s か。

解答群

- (ア) 5.4 (イ) 5.9 (ウ) 6.9 (エ) 8.4 (オ) 8.9

問5. 十分に時間が経ったとき、媒質が点 D ($x = 10 \text{ m}$) と同位相である点を点 A ~ L のうちからすべて挙げたものの組み合わせを選べ。(点 D は答えに含めない。)

解答群

- (ア) A, E, I (イ) B, F, J (ウ) B, F, H, J, L
(エ) C, G, K (オ) H, L

問6. $x = 45 \text{ m}$ の位置に壁を設置し、波が壁で固定端反射したものとする。十分に時間が経ったときに、媒質が最も激しく振動する位置を点 E ~ L の中からすべて選べ。

解答群

- (ア) E, I (イ) F, J (ウ) G, K
(エ) H, L (オ) E, G, I, K (カ) F, H, J, L

[2] 時刻 t [s] での, ある位置 x [m] における変位 y [m] が

$$y = 0.02 \sin \{ 4\pi (5t - 2x) \}$$

で与えられる正弦波について, 以下の問いに答えよ。

問7. 波長は何 m か。

解答群

(ア) 0.10 (イ) 0.25 (ウ) 2.0 (エ) 4.0 (オ) 5.0 (カ) 10

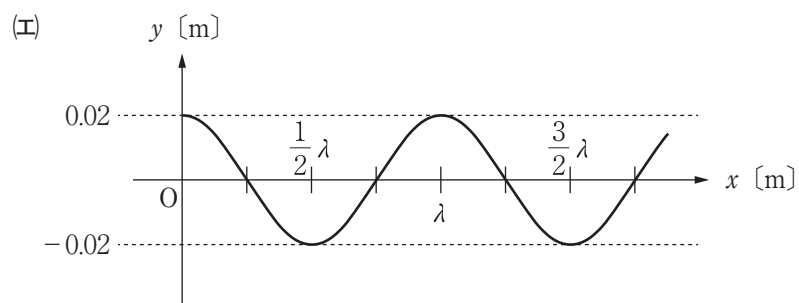
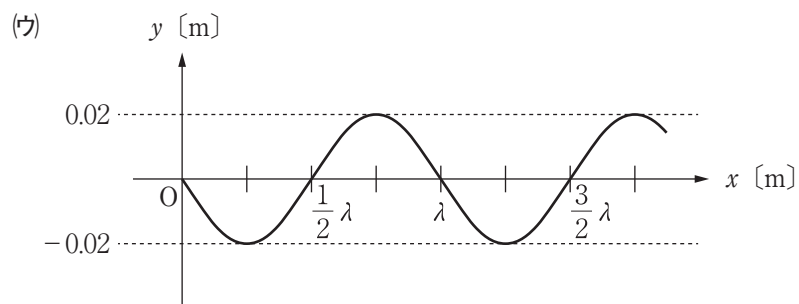
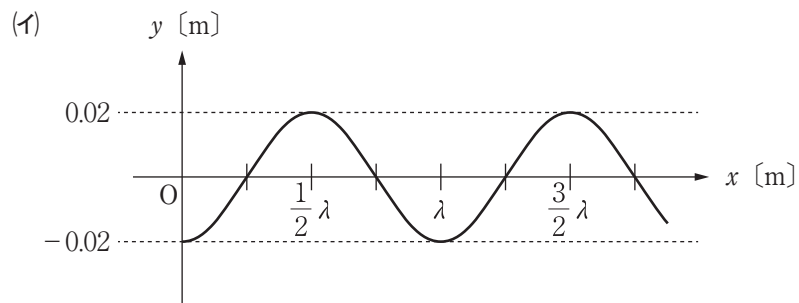
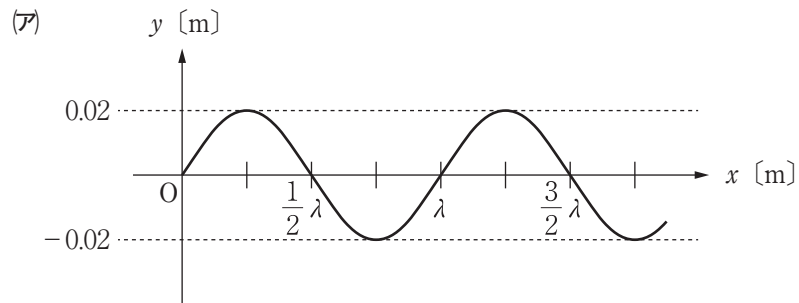
問8. 周期は何 s か。

解答群

(ア) 0.10 (イ) 0.25 (ウ) 2.0 (エ) 4.0 (オ) 5.0 (カ) 10

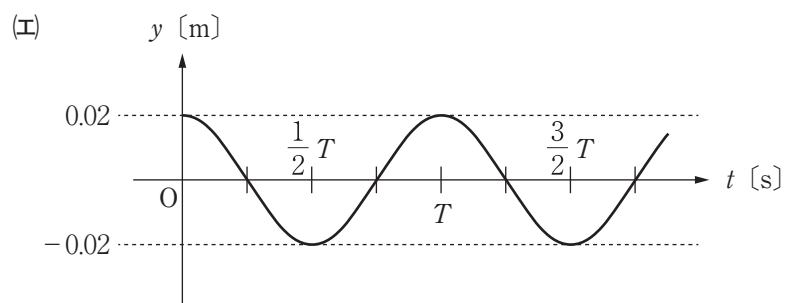
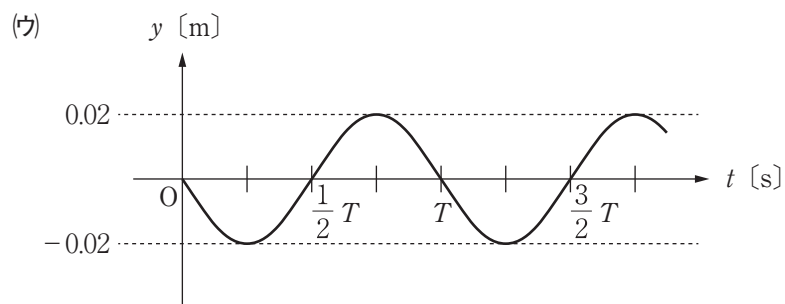
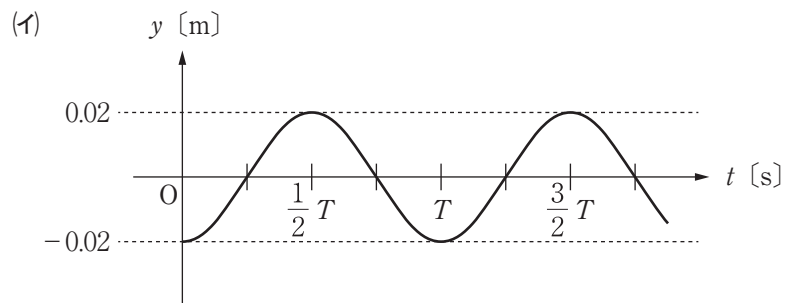
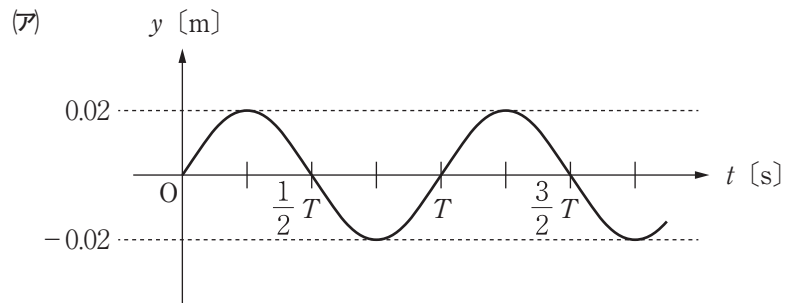
問9. この正弦波の $t = 0\text{s}$ における波形を表すグラフはどれか。ただし、問7で求めた波長を λ [m] とする。

解答群



問10. この正弦波の $x = 0 \text{ m}$ における媒質の時間変化を表すグラフはどれか。ただし、
問8で求めた周期を $T \text{ [s]}$ とする。

解答群



問11. 問9の $t = 0$ s における波形が, 時間の経過とともに同じ速さで逆向きに進むとき, 波を表す式はどのようなになるか。

解答群

(ア) $y = 0.02 \sin \left\{ 4\pi \left(\frac{t}{5} - \frac{x}{2} \right) \right\}$

(ウ) $y = 0.02 \sin \{ 4\pi (-5t + 2x) \}$

(オ) $y = 0.02 \sin \{ 4\pi (5t + 2x) \}$

(イ) $y = -0.02 \sin \left\{ 4\pi \left(\frac{t}{5} + \frac{x}{2} \right) \right\}$

(エ) $y = -0.02 \sin \{ 4\pi (-5t + 2x) \}$

(カ) $y = -0.02 \sin \{ 4\pi (5t + 2x) \}$