

問題・解答 用紙番号	36
---------------	----

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**

理工学部

**2科目型 受験者**

理工学部(生命科学科・建築学科・都市環境工学科・機械工学科・電気電子工学科)

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。(40点)

図1のように、水平な床から $30^\circ$ の角度をなす斜面をもつ質量 $M$  [kg]の台が床面上に置かれている。台の斜面上に質量 $m$  [kg]の物体を置いた。台の底面と床面の間はなめらかであり、台の斜面と物体の間には摩擦があるものとする。重力加速度の大きさを $g$  [m/s<sup>2</sup>]とし、空気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。なお、水平方向と鉛直方向にそれぞれ $x$ 軸と $y$ 軸を設定し、水平右向きと鉛直上向きを $x$ 軸と $y$ 軸の正に定める。

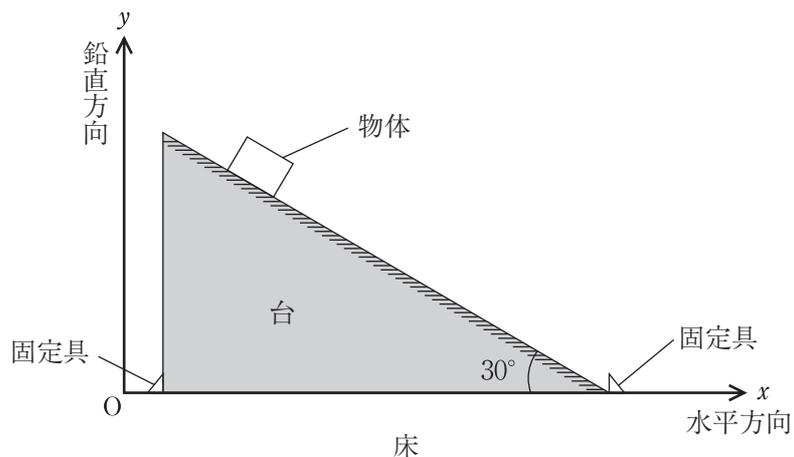


図1

[1] 図1のように、台が固定具によって床面上に固定されている状態で、物体から静かに手をはなしたところ、物体は台の斜面をすべりはじめた。台の斜面と物体の間の動摩擦係数を  $\mu'$  ( $\mu' < \frac{1}{\sqrt{3}}$ ) として、以下の問いに答えよ。

問1. 物体が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $mg$       (イ)  $\frac{1}{2}mg$       (ウ)  $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$       (エ)  $\frac{1}{\sqrt{3}}mg$       (オ)  $\sqrt{3}mg$

問2. 物体が台の斜面から受ける動摩擦力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $\mu'mg$       (イ)  $\frac{1}{2}\mu'mg$       (ウ)  $\frac{\sqrt{3}}{2}\mu'mg$       (エ)  $\frac{1}{\sqrt{3}}\mu'mg$       (オ)  $\sqrt{3}\mu'mg$

問3. 物体に作用する重力の斜面に平行な成分の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $mg$       (イ)  $\frac{1}{2}mg$       (ウ)  $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$       (エ)  $\frac{1}{\sqrt{3}}mg$       (オ)  $\sqrt{3}mg$

問4. 物体の加速度の大きさは何  $m/s^2$  か。

解答群

- (ア)  $(1 - \mu')g$       (イ)  $\frac{1}{2}(\sqrt{3} - \mu')g$       (ウ)  $\frac{1}{2}(1 - \mu')g$   
 (エ)  $\frac{\sqrt{3}}{2}(1 - \mu')g$       (オ)  $\frac{1}{2}(1 - \sqrt{3}\mu')g$

[2] 台を固定している固定具を取り除く。図2のように、水平右向きに力を加え、台が加速度運動をした状態で、斜面上に置いた物体から静かに手をはなした。台に加えた力の大きさが  $F$  [N] のとき、物体は斜面上をすべらず、台と物体は一体となって運動した。台と物体が一体となって運動しているとき、物体は斜面に沿って上向きの静止摩擦力を受けているものとする。この運動について以下の問いに答えよ。

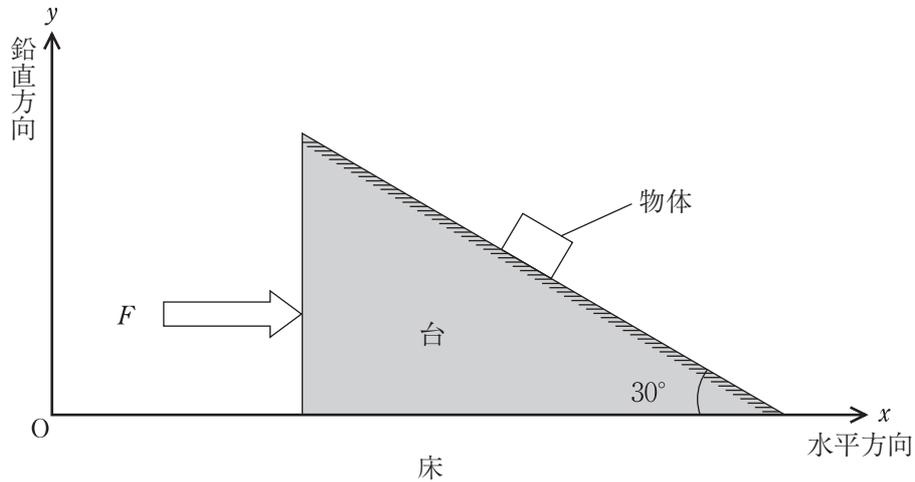


図2

問5. 台と物体の水平方向の加速度を  $A$  [m/s<sup>2</sup>] とするとき、 $x$  軸方向の物体と台の運動方程式として正しい組み合わせを選べ。なお、物体と台の斜面の間の静止摩擦力の大きさを  $f$  [N]、物体が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさを  $R$  [N] とする。

解答群

$$\begin{array}{l}
 \text{(ア)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -\frac{1}{2}f + \frac{\sqrt{3}}{2}R \quad (\text{物体}) \\ MA = -\frac{\sqrt{3}}{2}R + F \quad (\text{台}) \end{array} \right. \quad \text{(イ)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -\frac{\sqrt{3}}{2}f + \frac{1}{2}R \quad (\text{物体}) \\ MA = -\frac{1}{2}R + F \quad (\text{台}) \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{(ウ)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -\frac{1}{2}f + \frac{\sqrt{3}}{2}R \quad (\text{物体}) \\ MA = \frac{1}{2}f - \frac{\sqrt{3}}{2}R + F \quad (\text{台}) \end{array} \right. \quad \text{(エ)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -f + \frac{1}{2}mg \quad (\text{物体}) \\ MA = F \quad (\text{台}) \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{(オ)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -\frac{\sqrt{3}}{2}f + \frac{1}{2}R \quad (\text{物体}) \\ MA = \frac{\sqrt{3}}{2}f - \frac{1}{2}R + F \quad (\text{台}) \end{array} \right. \quad \text{(カ)} \quad \left\{ \begin{array}{l} mA = -\frac{\sqrt{3}}{2}f + \frac{1}{2}R \quad (\text{物体}) \\ MA = -\frac{\sqrt{3}}{2}f - \frac{1}{2}R + F \quad (\text{台}) \end{array} \right.
 \end{array}$$

問6. 問5のとき、y軸方向の物体と台のそれぞれの力のつり合いの式として正しい組み合わせを選べ。ただし、台が床面から受ける垂直抗力の大きさを  $N$  [N] とする。

解答群

$$(ア) \begin{cases} R - \frac{1}{2}mg = 0 & (\text{物体}) \\ N - Mg = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

$$(イ) \begin{cases} \frac{1}{2}f + \frac{\sqrt{3}}{2}R = 0 & (\text{物体}) \\ -\frac{1}{2}f - \frac{\sqrt{3}}{2}R + N = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

$$(ウ) \begin{cases} \frac{1}{2}f + \frac{\sqrt{3}}{2}R - mg = 0 & (\text{物体}) \\ -\frac{1}{2}f - \frac{\sqrt{3}}{2}R + N - Mg = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

$$(エ) \begin{cases} \frac{1}{2}f + \frac{\sqrt{3}}{2}R - mg = 0 & (\text{物体}) \\ -\frac{\sqrt{3}}{2}R + N - Mg = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

$$(オ) \begin{cases} \frac{\sqrt{3}}{2}f + \frac{1}{2}R - mg = 0 & (\text{物体}) \\ \frac{\sqrt{3}}{2}f - \frac{1}{2}R + N - Mg = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

$$(カ) \begin{cases} \frac{\sqrt{3}}{2}f + \frac{1}{2}R - mg = 0 & (\text{物体}) \\ -\frac{\sqrt{3}}{2}f - \frac{1}{2}R + N - Mg = 0 & (\text{台}) \end{cases}$$

問7. 台と物体の加速度  $A$  は何  $\text{m/s}^2$  か。

解答群

$$\begin{array}{ll} \text{(ア)} \frac{F}{M+m} & \text{(イ)} \frac{1}{M+m} \left( F - \frac{\sqrt{3}}{2} f \right) \\ \text{(ウ)} \frac{1}{M+m} \left( F - \frac{1}{2} f \right) & \\ \text{(エ)} \frac{1}{M+m} \left( F - f + \frac{1}{2} mg \right) & \text{(オ)} \frac{1}{M+m} (F - \sqrt{3} f) \end{array}$$

問8. 台が床面から受ける垂直抗力の大きさ  $N$  は何  $\text{N}$  か。

解答群

$$\begin{array}{ll} \text{(ア)} Mg & \text{(イ)} (M+m)g \\ \text{(ウ)} \left( M+m - \frac{1}{2} f \right) g & \\ \text{(エ)} (M+m - \sqrt{3} f) g & \text{(オ)} (M+m - R) g \end{array}$$

問9. 物体が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさ  $R$  は何  $\text{N}$  か。

解答群

$$\begin{array}{ll} \text{(ア)} \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{m}{M+m} F & \text{(イ)} \frac{2}{\sqrt{3}} mg \\ \text{(ウ)} 2mg & \text{(エ)} \frac{m}{2(M+m)} F \\ \text{(オ)} \frac{\sqrt{3}}{2} mg & \text{(カ)} \frac{m}{2(M+m)} F + \frac{\sqrt{3}}{2} mg \\ \text{(キ)} \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{m}{M+m} F + \frac{2}{\sqrt{3}} mg & \end{array}$$

問10. 台の斜面と物体の間に作用する静止摩擦力の大きさ  $f$  は何  $\text{N}$  か。

解答群

$$\begin{array}{ll} \text{(ア)} \left| 2mg - \frac{2m}{M+m} F \right| & \text{(イ)} \left| 2mg - \frac{\sqrt{3}m}{2(M+m)} F \right| \\ \text{(ウ)} \frac{1}{2} mg & \text{(エ)} \left| \frac{1}{2} mg - \frac{\sqrt{3}m}{2(M+m)} F \right| \\ \text{(オ)} \frac{2m}{M+m} F & \text{(カ)} 2mg(\sqrt{3}-1) \\ \text{(キ)} \left| \frac{1}{2} mg - \frac{2m}{M+m} F \right| & \end{array}$$

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、記述解答は指示による。(30点)

一様な電界（電場）および磁界（磁場）中での荷電粒子の  $x$ - $y$  平面内での運動について、以下の問いに答えよ。ただし、荷電粒子の質量および電荷はそれぞれ  $m$  [kg]、 $q$  [C] ( $q > 0$ ) であり、重力や空気抵抗は無視できるものとする。

[1] 図1のように、大きさ  $E$  [N/C] の一様な電界が  $y$  軸に平行で負の向きにかかっている。原点  $O$  から  $h$  [m] はなれた  $y$  軸上の正の位置から荷電粒子を初速度  $v_0$  [m/s] で  $x$  軸に平行で正の向きに射出した。射出した時刻を  $t = 0$  s として以下の問いに答えよ。

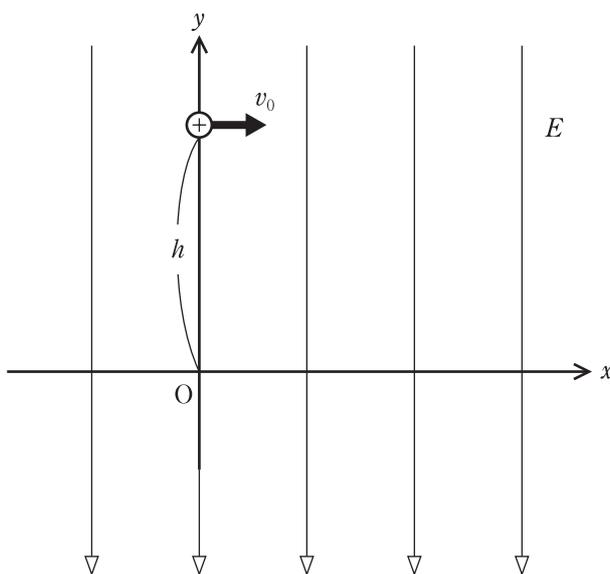


図1

問1.  $t = 0$  s のとき、荷電粒子が受ける力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $E$       (イ)  $\frac{1}{2}qE$       (ウ)  $qE$       (エ)  $v_0E$       (オ)  $qv_0E$

問 2. 射出後, 荷電粒子が  $x$  軸を横切るとき, その時刻は何 s か。

解答群

(ア) 荷電粒子が  $x$  軸を横切ることはないので求められない。

(イ)  $\sqrt{\frac{h}{v_0}}$       (ウ)  $\sqrt{\frac{2h}{qE}}$       (エ)  $\sqrt{\frac{2mh}{qE}}$       (オ)  $\sqrt{\frac{2mh}{qv_0E}}$

問 3. 射出から, 荷電粒子が  $x$  軸を横切るまでの間に, 電界によるクーロン力 (静電気力) が荷電粒子に行った仕事は何 J か。

解答群

(ア) 荷電粒子が  $x$  軸を横切ることはないので求められない。

(イ) 0      (ウ)  $\frac{1}{2} m v_0^2$       (エ)  $m E h$       (オ)  $q E h$

問 4.  $t = 0$  s で, 荷電粒子の初速度の向きと電界の向きとのなす角は  $90^\circ$  であったが, 射出後その角が  $45^\circ$  となる時刻は何 s か。

解答群

(ア)  $m v_0 q E$       (イ)  $\frac{m v_0}{q E}$       (ウ)  $\sqrt{\frac{h}{v_0}}$       (エ)  $\sqrt{\frac{m v_0}{q E}}$

(オ) 角が  $45^\circ$  には決してならないため求められない。

[2] 図2のように、磁束密度の大きさが  $B$  [Wb/m<sup>2</sup>] の一様な磁界が  $x$ - $y$  平面の裏から表に垂直にかかっている。[1] と同様に原点  $O$  から  $h$  [m] はなれた  $y$  軸上の正の位置から荷電粒子を初速度  $v_0$  [m/s] で  $x$  軸に平行で正の向きに射出した。射出した時刻を  $t = 0$  s として以下の問いに答えよ。

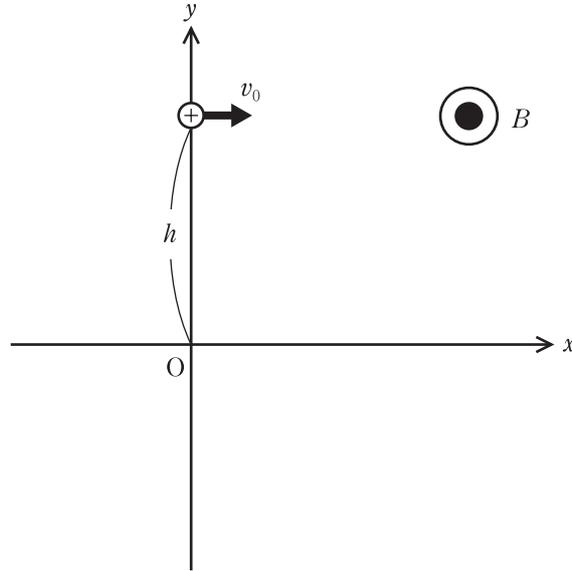


図2

問5.  $t = 0$  s のとき、荷電粒子が受ける力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $B$                       (イ)  $qB$                       (ウ)  $v_0 B$                       (エ)  $\frac{1}{2} q v_0 B$                       (オ)  $q v_0 B$

問6. 射出後  $t = T$  [s] のとき、荷電粒子の速度の大きさは何 m/s か。

解答群

- (ア)  $v_0$                       (イ)  $q B T$                       (ウ)  $q v_0 B T$   
 (エ)  $v_0 + q B T$                       (オ)  $v_0 + \frac{q v_0 B T}{m}$

問7. 射出後  $t = T$  [s] のとき、荷電粒子の位置の  $x$  座標は何 m か。

解答群

$$\begin{array}{lll} (\text{ア}) \frac{m v_0}{q B} & (\text{イ}) \frac{m v_0}{q B} \sin \left( \frac{q B}{m} T \right) & (\text{ウ}) \frac{m v_0}{q B} \cos \left( \frac{q B}{m} T \right) \\ (\text{エ}) \sin \left( \frac{q B}{m} T \right) & (\text{オ}) \cos \left( \frac{q B}{m} T \right) & \end{array}$$

問8. 射出から  $T$  [s] までの間に、磁界によるローレンツ力が荷電粒子に行った仕事は何 J か。力の向きと荷電粒子の運動の向きに注意して導出せよ。必要であれば図やグラフなどを描いて説明してもよい。

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。また作図および記述解答は指示による。(30点)

図1のように、長いつる巻きばねの左端を、ばねの方向に周期的に振動させると、縦波(疎密波)が発生し、波は周期  $T$  [s] で左から右に伝わった。図2は、端から十分はなれた位置で、ある時刻のばねを観測したものである。なお、ばねに沿って  $x$  軸をとり、右向きを正とする。ただし、ばねの右端での反射波は考えなくてよいものとする。以下の問いに答えよ。

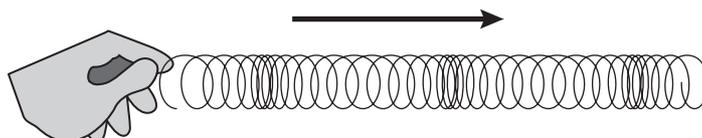


図1

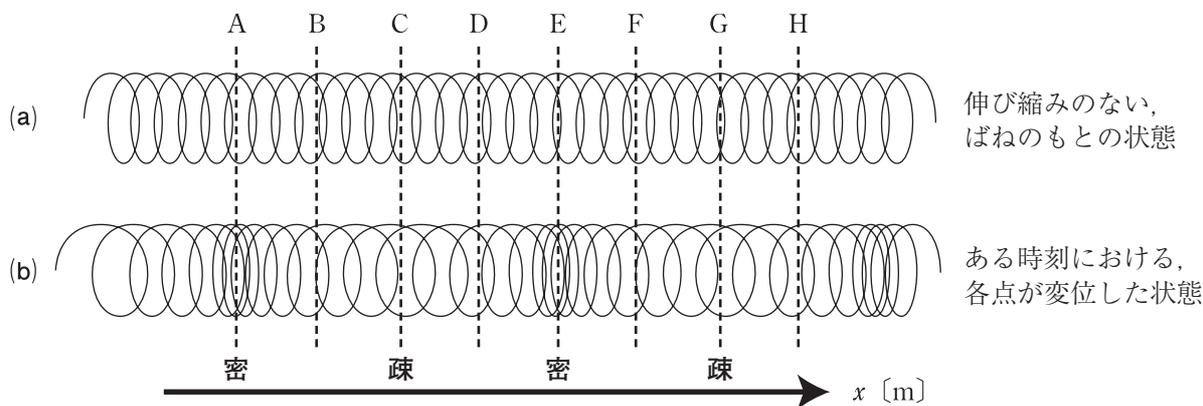


図2

問1. 図2(b)の、ばねの各点での  $x$  軸方向の変位を  $y$  軸方向におきかえて表示した図(すなわち、各点での  $x$  軸の正の向きの変位を、 $y$  軸の正の向きにとる)の概形を描け。

問2. 図2(b)の状態において、媒質(ばねの各点)の速度が  $0 \text{ m/s}$  の位置はどこか。A~Hの正しい組み合わせを選べ。

解答群

- |                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| (ア) B, D, F, H | (イ) A, C, E, G | (ウ) A, E |
| (エ) C, G       | (オ) D, H       | (カ) B, F |

問3. 図2(b)の状態において、媒質（ばねの各点）が  $x$  軸正の向きに最大の速さで動いている位置はどこか。A~H の正しい組み合わせを選べ。

解答群

- (ア) B, D, F, H      (イ) A, C, E, G      (ウ) A, E  
 (エ) C, G      (オ) D, H      (カ) B, F

問4. 図2(b)の状態において、媒質（ばねの各点）が  $x$  軸負の向きに最大の速さで動いている位置はどこか。A~H の中から正しい組み合わせを選べ。

解答群

- (ア) B, D, F, H      (イ) A, C, E, G      (ウ) A, E  
 (エ) C, G      (オ) D, H      (カ) B, F

問5. D 点は図2(b)の状態から何秒後にはじめて「最も密」となるか。  $T$  を用いて表せ。

解答群

- (ア)  $\frac{1}{4}T$       (イ)  $\frac{1}{2}T$       (ウ)  $\frac{3}{4}T$       (エ)  $T$   
 (オ)  $\frac{1}{4T}$       (カ)  $\frac{1}{2T}$       (キ)  $\frac{3}{4T}$       (ク)  $\frac{1}{T}$

隣りあう「最も密」である点の間隔を  $\lambda$  [m] として、以下の問いに答えよ。

問6. 波が伝わる速さ  $v$  [m/s] を、  $T$  と  $\lambda$  を用いて表せ。

解答群

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

問7. 速さ  $\frac{v}{4}$  [m/s] で  $x$  軸の正の向きに移動する人がばねの疎密波を観測したとき、疎密波の振動数は何 Hz か。  $T$  を用いて表せ。

解答群

- (ア)  $\frac{1}{4}T$       (イ)  $\frac{1}{2}T$       (ウ)  $\frac{3}{4}T$       (エ)  $T$   
 (オ)  $\frac{1}{4T}$       (カ)  $\frac{1}{2T}$       (キ)  $\frac{3}{4T}$       (ク)  $\frac{1}{T}$

問8. ばねを伝わる疎密波が振幅  $a$  [m] の正弦波であるとする。時刻  $t = 0$  s で、 $x = 0$  m におけるばねが「最も疎」の状態であった。このときばねを伝わる正弦波の式（変位を  $y$  [m] とする）を答えよ。

解答群

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

問9. 縦波はすべての物質（媒質）中を伝わる。一方、横波は固体中を伝わるが、液体や気体の中を伝わらない（ただし光は除く）。その理由を簡潔に述べよ。