

問題・解答
用紙番号

50

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部・学科〉

理工学部

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。なお、重力加速度の大きさは 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] の角度をなすなめらかな斜面の上方から質量 m [kg] の小球を静かにはなして自由落下させた。斜面に衝突する直前の小球の速さは v [m/s] であった。また、衝突直後の小球の運動方向と斜面に垂直な方向のなす角を α [rad] とする。小球と斜面とのあいだの反発係数（はね返り係数）は e であるものとして以下の問いに答えよ。

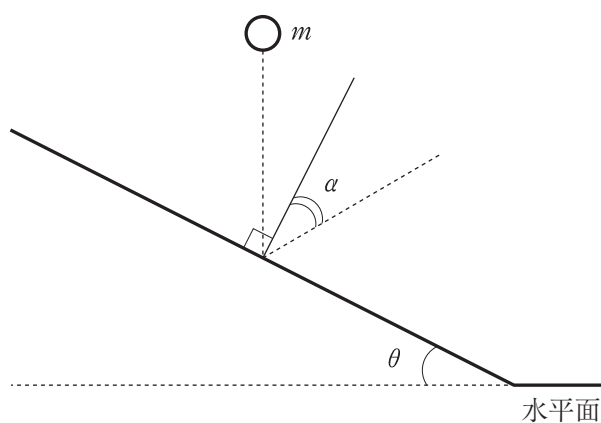


図1

問 1. 衝突直前の斜面に平行な方向の小球の運動量の大きさは何 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ か。

解答群

- | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| (ア) $mv \sin \theta$ | (イ) $mv \cos \theta$ | (ウ) $\frac{v}{m} \sin \theta$ |
| (エ) $v \sin \theta$ | (オ) $\frac{v}{m} \cos \theta$ | (カ) mv |

問 2. 衝突直後の斜面に垂直な方向の速さは何 m/s か。

解答群

- | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| (ア) v | (イ) ev | (ウ) $ev \sin \theta$ |
| (エ) $v \sin \theta$ | (オ) $ev \cos \theta$ | (カ) $v \cos \theta$ |

問 3. $\tan \alpha$ はいくらか。

解答群

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| (ア) $\tan \theta$ | (イ) $\frac{1}{\tan \theta}$ | (ウ) $e \tan \theta$ |
| (エ) $\frac{1}{e} \tan \theta$ | (オ) $\frac{e}{\tan \theta}$ | (カ) $\frac{1}{e \tan \theta}$ |

問 4. 小球との衝突で斜面が受けた力積の大きさは何 $\text{N}\cdot\text{s}$ か。

解答群

- | | | |
|------------------------------|--|--|
| (ア) $(1 + e) mv \cos \theta$ | (イ) $(1 + e) mv \sin \theta$ | (ウ) $2mv \cos \theta$ |
| (エ) $2mv \sin \theta$ | (オ) $mv (e \sin \theta - \cos \theta)$ | (カ) $mv (e \cos \theta - \sin \theta)$ |

- [2] 図2のように、水平面と θ [rad] の角度をなす斜面上の点 O から質量 m [kg] の小球を、時刻 $t = 0$ s に速さ v_0 [m/s] で斜面に垂直な方向に打ち出した。小球は運動後、はじめて斜面上の点 A に到達した。この小球の運動について以下の問いに答えよ。

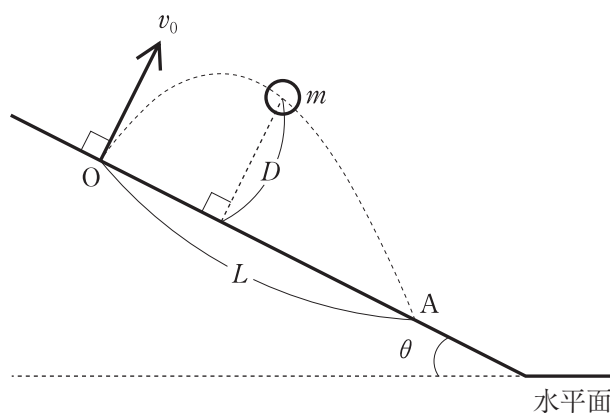


図2

問5. 斜面に垂直な方向の小球の加速度の大きさは何 m/s^2 か。

解答群

- (ア) g (イ) $g \cos \theta$ (ウ) $g \sin \theta$
 (エ) $\frac{g}{\cos \theta}$ (オ) $\frac{g}{\sin \theta}$ (カ) $g \tan \theta$

問6. 点 A に到達する前の時刻 t [s] における小球から斜面までの距離 D は何 m か。

解答群

- (ア) $v_0 - gt$ (イ) $v_0 t \cos \theta - \frac{1}{2} gt^2$ (ウ) $v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} gt^2$
 (エ) $v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$ (オ) $v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \cos \theta$ (カ) $v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \sin \theta$

問7. 点 A に小球が到達する時刻は何 s か。

解答群

- (ア) $\frac{2v_0}{g \sin \theta}$ (イ) $\frac{2v_0}{g \cos \theta}$ (ウ) $\frac{2v_0 \sin \theta}{g}$
 (エ) $\frac{2v_0 \cos \theta}{g}$ (オ) $\frac{v_0}{g}$ (カ) $\frac{2v_0}{g}$

問 8. 点 O から点 A までの距離 L は何 m か。

解答群

(ア) $\frac{2v_0^2 \sin \theta}{g \cos^2 \theta}$

(イ) $\frac{2v_0^2}{g \cos^2 \theta}$

(ウ) $\frac{2v_0^2 \tan \theta}{g}$

(エ) $\frac{2v_0^2}{g \cos \theta}$

(オ) $\frac{2v_0^2}{g^2 \cos^2 \theta}$

(カ) $v_0 \tan \theta$

問 9. 点 A に到達する直前の小球の速さは何 m/s か。

解答群

(ア) $2v_0 \tan \theta$

(イ) v_0

(ウ) $v_0 \sqrt{1 - 2 \tan \theta}$

(エ) $v_0 \sqrt{1 + 2 \tan \theta}$

(オ) $v_0 \sqrt{1 - 4 \tan^2 \theta}$

(カ) $v_0 \sqrt{1 + 4 \tan^2 \theta}$

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。ただし、回路に用いた導線の電気抵抗と電池の内部抵抗は無視できるものとする。(30点)

[1] 図1のように、抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , コンデンサー C_1 , C_2 , スイッチ S_1 , S_2 , そして電池 E を用いて回路をつくった。 R_1 , R_2 , R_3 の抵抗値はそれぞれ R [Ω], $2R$ [Ω], $3R$ [Ω], C_1 , C_2 の電気容量はともに C [F], E の電圧は V [V] である。なお、図1中の P_1 と P_2 は接続点を示し、接地（アース）は 0 V とする。

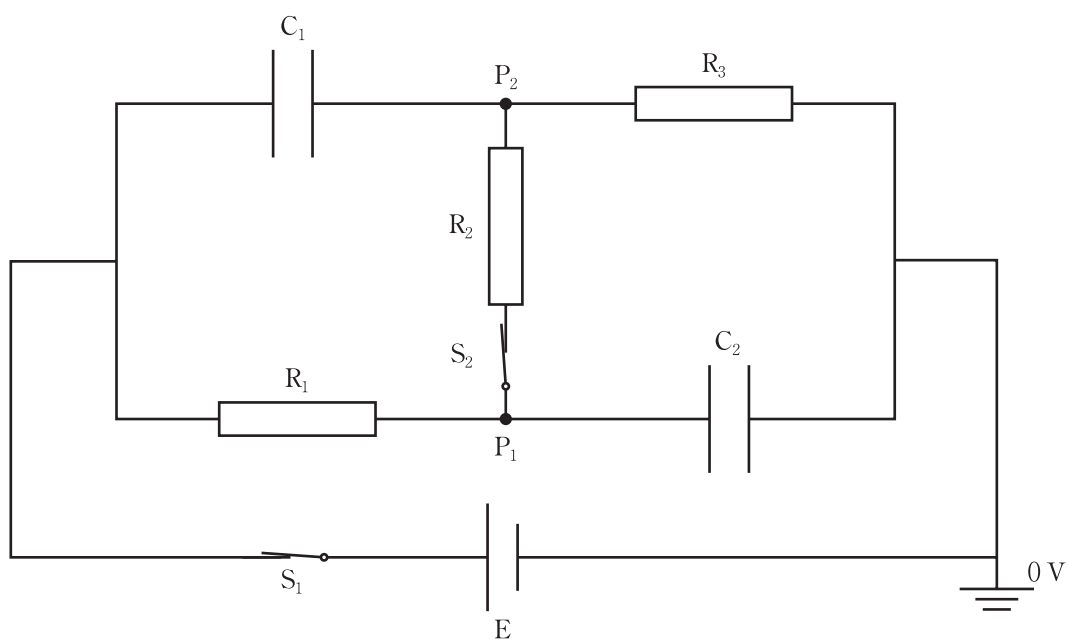


図1

スイッチ S_1 , S_2 を閉じ十分に時間が経過した。以下の問いに答えよ。

問1. 接続点 P_1 を流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{6} \frac{V}{R}$ (イ) $\frac{1}{5} \frac{V}{R}$ (ウ) $\frac{1}{3} \frac{V}{R}$ (エ) $\frac{1}{2} \frac{V}{R}$ (オ) $\frac{5}{6} \frac{V}{R}$ (カ) $\frac{V}{R}$

問 2. 接続点 P_1 の電位は何 V か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{6}V$ (イ) $\frac{1}{5}V$ (ウ) $\frac{1}{3}V$ (エ) $\frac{1}{2}V$ (オ) $\frac{5}{6}V$ (カ) V

問 3. 接続点 P_2 の電位は何 V か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{6}V$ (イ) $\frac{1}{5}V$ (ウ) $\frac{1}{3}V$ (エ) $\frac{1}{2}V$ (オ) $\frac{5}{6}V$ (カ) V

問 4. C_1 に蓄えられた電荷は何 C か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{6}CV$ (イ) $\frac{1}{5}CV$ (ウ) $\frac{1}{3}CV$ (エ) $\frac{1}{2}CV$ (オ) $\frac{5}{6}CV$ (カ) CV

問 5. C_2 に蓄えられた電荷は何 C か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{6}CV$ (イ) $\frac{1}{5}CV$ (ウ) $\frac{1}{3}CV$ (エ) $\frac{1}{2}CV$ (オ) $\frac{5}{6}CV$ (カ) CV

[2] 図1の状態からスイッチ S_1 , S_2 を同時に開き,十分に時間が経過した(図2)。以下の問いに答えよ。なお,問4で求めた電荷を Q_1 [C], 問5で求めた電荷を Q_2 [C] とする。

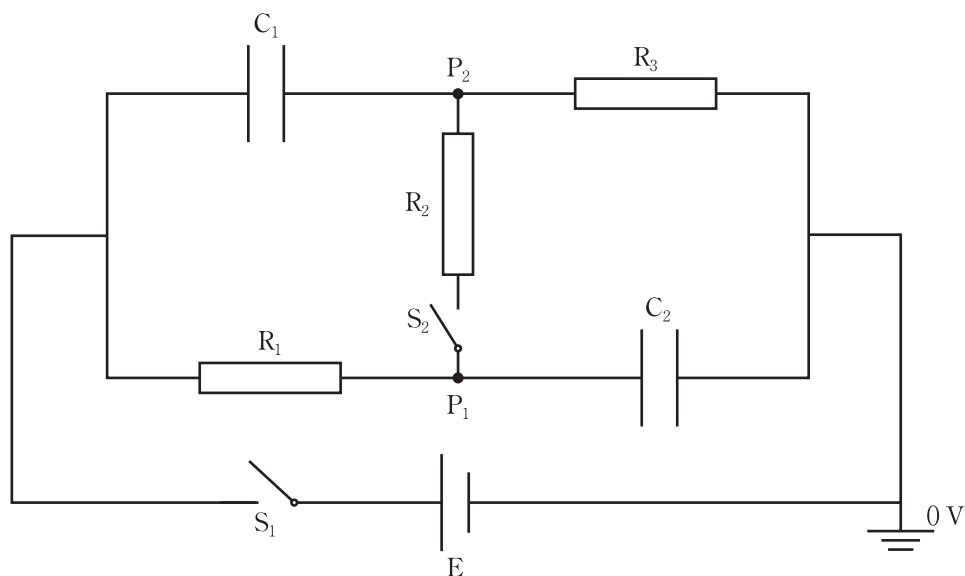


図2

問6. C_1 の両端の電圧を V_1 [V], C_2 の両端の電圧を V_2 [V] としたとき, V_1 と V_2 が満たす関係式として正しいものを選べ。

解答群

- (ア) $V_1 = \frac{1}{3} V_2$ (イ) $V_1 = \frac{2}{3} V_2$ (ウ) $V_1 = V_2$
 (エ) $V_1 = \frac{3}{2} V_2$ (オ) $V_1 = 2V_2$ (カ) $V_1 = 3V_2$

問7. C_1 に蓄えられた電荷は何 C か。

解答群

- (ア) $Q_1 + Q_2$ (イ) $\frac{3}{4} (Q_1 + Q_2)$ (ウ) $\frac{3}{5} (Q_1 + Q_2)$
 (エ) $\frac{1}{2} (Q_1 + Q_2)$ (オ) $\frac{2}{5} (Q_1 + Q_2)$ (カ) $\frac{1}{4} (Q_1 + Q_2)$

問 8. C_1 の両端に加わる電圧は何 V か。

解答群

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (ア) $\frac{Q_1 + Q_2}{C}$ | (イ) $\frac{3}{4} \frac{Q_1 + Q_2}{C}$ | (ウ) $\frac{3}{5} \frac{Q_1 + Q_2}{C}$ |
| (エ) $\frac{1}{2} \frac{Q_1 + Q_2}{C}$ | (オ) $\frac{2}{5} \frac{Q_1 + Q_2}{C}$ | (カ) $\frac{1}{4} \frac{Q_1 + Q_2}{C}$ |

問 9. スイッチ S_1 , S_2 を同時に開くとコンデンサーに蓄えられた電荷が移動することで電流が流れる。その後,十分に時間が経過すると電流は流れなくなる。スイッチ S_1 , S_2 を開いてから電流が流れなくなるまでのあいだに回路で発生したジュール熱の総和は何 J か。

解答群

- | | | |
|-------------------------------------|---|---|
| (ア) $\frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C}$ | (イ) $\frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C}$ | (ウ) $\frac{1}{2} \frac{Q_1 Q_2}{C}$ |
| (エ) $\frac{1}{4} \frac{Q_1 Q_2}{C}$ | (オ) $\frac{1}{4} \frac{(Q_1 - Q_2)^2}{C}$ | (カ) $\frac{1}{4} \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{C}$ |

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] 図1のようにシリンダーの左端に断面積 S [m²] のなめらかに動くピストンがあり、ばね定数 k [N/m] のばねが自然の長さでピストンとシリンダーの右端に取り付けられている。ピストンのばね側は真空であった。次に、シリンダーの左端につながった細管の栓をゆっくりと開き外気と接続したところ、図2のようにシリンダー内は圧力 p [Pa]、温度 T [K]、体積 V [m³] の外気が入り、ピストンは静止した。外気を理想気体とみなし、気体定数を R [J/(mol·K)] として、以下の問いに答えよ。ただし、細管内の気体の体積は無視できるものとする。

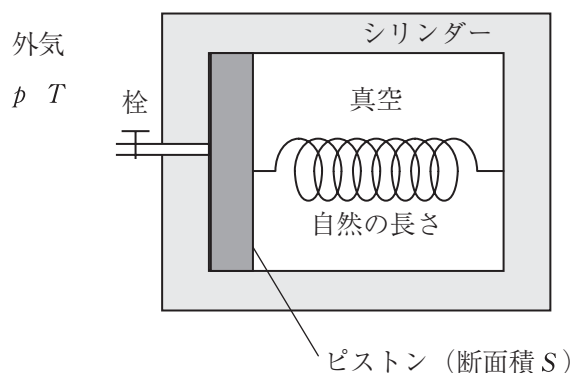


図1

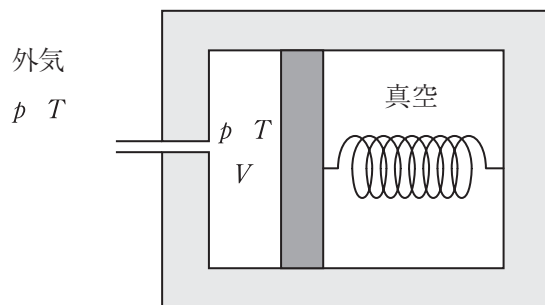


図2

問1. シリンダー内の気体の物質量は何 mol か。

解答群

- (ア) $\frac{pV}{RT}$ (イ) $\frac{TV}{Rp}$ (ウ) $\frac{pT}{RV}$ (エ) $\frac{RT}{pV}$ (オ) $\frac{Rp}{TV}$ (カ) $\frac{RV}{pT}$

問 2. バネ定数 k は何 N/m か。

解答群

(ア) $p S$ (イ) $\frac{p S}{V}$ (ウ) $\frac{p V}{S}$ (エ) $p S^2$ (オ) $\frac{p S^2}{V}$ (カ) $\frac{p V}{S^2}$

問 3. バネに蓄えられた弾性エネルギーは何 J か。

解答群

(ア) $\frac{1}{2} p V$ (イ) $p V$ (ウ) $\frac{3}{2} p V$ (エ) $\frac{1}{2} p S$ (オ) $p S$ (カ) $\frac{3}{2} p S$

[2] 媒質を一方向に伝わる振幅 A [m] の横波の正弦波を観察した。波が進む向きを x 軸の正、媒質の各点が振動する方向に y 軸をとる。図3は、ある時刻における、媒質の位置 x [m] と変位 y [m] の関係を表している。波は減衰しないものとして、以下の問いに答えよ。

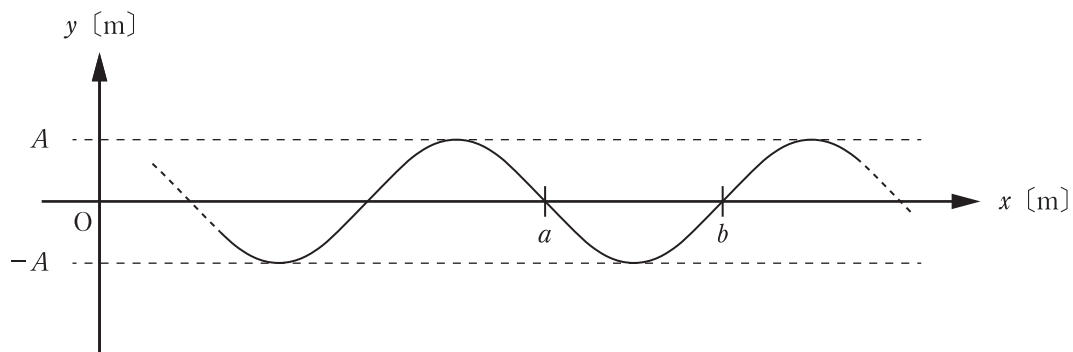


図3

問4. 波長は何 m か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2}(b-a)$ (イ) $\frac{1}{2}(b+a)$ (ウ) $b-a$
 (エ) $b+a$ (オ) $2(b-a)$ (カ) $2(b+a)$

図4は原点 O ($x=0$) における、時刻 t [s] と媒質の変位 y [m] の関係を表している。

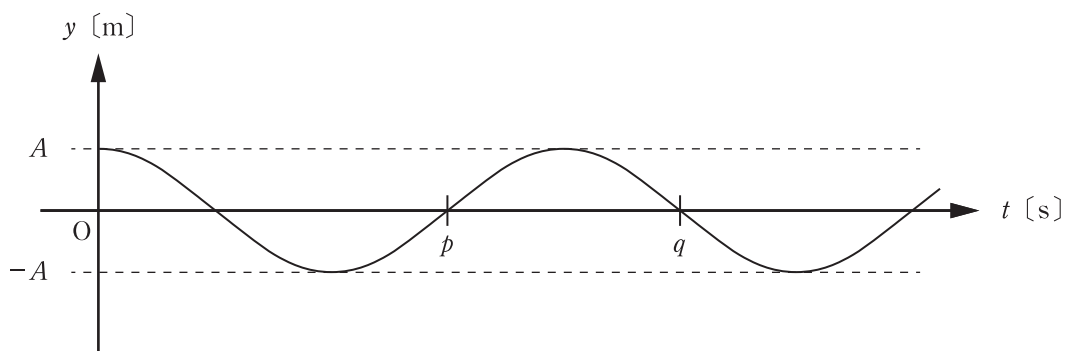


図4

問5. 周期は何 s か。

解答群

- (ア) $\pi(q-p)$ (イ) $\pi(q+p)$ (ウ) $2\pi(q-p)$ (エ) $2\pi(q+p)$
(オ) $q-p$ (カ) $q+p$ (キ) $2(q-p)$ (ク) $2(q+p)$

この波の位置 x [m] における時刻 t [s] での変位 y [m] を $y(x, t)$ と表す。このとき、原点 $O(x=0)$ における時刻 t [s] での変位 y [m] は $y(0, t)$ と表される。

問6. $y(0, t)$ を表す式を、図4を参考にして解答群から選べ。

解答群

- (ア) $y(0, t) = A \cos \frac{2\pi t}{q-p}$ (イ) $y(0, t) = A \cos \frac{\pi t}{q-p}$
(ウ) $y(0, t) = A \cos \frac{q-p}{2\pi t}$ (エ) $y(0, t) = A \cos \frac{q-p}{\pi t}$
(オ) $y(0, t) = A \cos \frac{2\pi t}{q+p}$ (カ) $y(0, t) = A \cos \frac{\pi t}{q+p}$

問7. 問4で求めた波長を λ [m]、問5で求めた周期を T [s] とするとき、この波が伝わる速さは何 m/s か。

解答群

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

ある時刻 t での媒質の変位 y は位置 x によって異なるので、任意の位置 x における変位 $y(x, t)$ と原点 O における変位 $y(0, t)$ は、一般に $y(x, t) \neq y(0, t)$ である。一方、波が伝わることにより、位置 $x(x>0)$ における変位は、遅れて（異なった時刻で）、原点 O における変位と常に一致する。

問 8. 問 7 で求めた速さを v [m/s] とするとき, 上の説明文を表す適切な関係式を解答群から選べ。

解答群

$$(ア) \quad y(x, t) = y\left(0, t - \frac{x}{2\pi v}\right)$$

$$(イ) \quad y(x, t) = y\left(0, t - \frac{x}{v}\right)$$

$$(ウ) \quad y(x, t) = y\left(0, t - \frac{2\pi x}{v}\right)$$

$$(エ) \quad y(x, t) = y\left(0, t + \frac{x}{2\pi v}\right)$$

$$(オ) \quad y(x, t) = y\left(0, t + \frac{x}{v}\right)$$

$$(カ) \quad y(x, t) = y\left(0, t + \frac{2\pi x}{v}\right)$$

問 9. この波を表す式 $y(x, t)$ を解答群から選べ。

解答群

$$(ア) \quad y(x, t) = A \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(イ) \quad y(x, t) = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(ウ) \quad y(x, t) = A \sin\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(エ) \quad y(x, t) = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(オ) \quad y(x, t) = A \cos\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(カ) \quad y(x, t) = A \cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(キ) \quad y(x, t) = A \cos\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$(ク) \quad y(x, t) = A \cos 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$