

物 理

注 意

1. 問題は全部で 20 ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。(ただし、マーク・シートにはあらかじめ受験番号がプリントされている。)
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 問題冊子の余白は計算に利用してよい。
5. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。

マーク・シート記入上の注意

1. 解答用紙(その 1)はマーク・シートになっている。HB の黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の ○ を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が 1 のとき)

1	●	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	a	b	c	d	-	*
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

- 1 以下の文章を読み、空欄(1)~(4)にあてはまる最も適切な解答をそれぞれの解答群から選び、解答用紙(その 1)の該当する記号をマークせよ。

水平なテーブルの上での小球間の衝突の問題を考える。図 1—1 はテーブルを上から見た図である。幅が L のテーブル上に x, y 軸をとり、原点 O に質量 M の小球 A が静置してある。テーブルは x 軸方向にはじゅうぶん長いとする。この状況で、 $x < 0$ の側から質量 m の小球 B を x 軸に平行に速度 $\vec{v}_0 = (v_0, 0)$ で射出した ($v_0 > 0$)。以下、空気抵抗や摩擦は無視でき、小球は十分小さく、回転しないものとする。また、小球間の衝突は弾性衝突であるとする。以下の計算では、小球 A と小球 B の質量比を $\alpha = \frac{M}{m}$ と記す。必要ならば、三角関数の公式 $\cos 2x = 1 - 2 \sin^2 x$, $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$ を用いること。

衝突前、小球 B の軌道が x 軸上からわずかにずれていたため、衝突後、小球 A は y 軸正の方向から時計まわりに測った角度 θ で決まる向きに運動した ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)。運動量保存則は x 成分、 y 成分それぞれについて成り立つ。

衝突後の小球 A の速さを V とし、小球 B の速度を (v_x, v_y) とすると、運動量の x 成分の保存則より関係式 (1) が得られる。同様に、運動量の y 成分の保存則より関係式 (2) が得られる。これらの関係式と、エネルギー保存則より得られる関係式 (3) より、衝突後の小球 A の速さは v_0 と θ を用いて $V =$ (4) となる。これを用いて、小球 B の速度 $(v_x, v_y) =$ (5) が得られる。

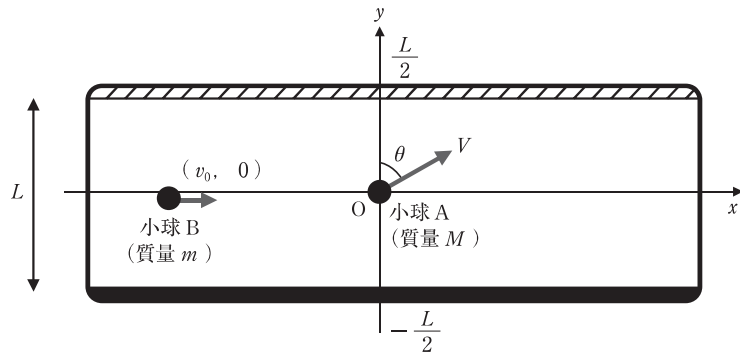


図1—1

(1), (2)の解答群

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\alpha v_0 = v_x + V \sin \theta$ | ② $v_0 = \alpha v_x + V \sin \theta$ |
| ③ $v_0 = v_x + \alpha V \sin \theta$ | ④ $0 = v_x + V \sin \theta$ |
| ⑤ $0 = \alpha v_x + V \sin \theta$ | ⑥ $0 = v_x + \alpha V \sin \theta$ |
| ⑦ $0 = \alpha v_y + V \cos \theta$ | ⑧ $0 = v_y + \alpha V \cos \theta$ |
| ⑨ $v_0 = v_y + \alpha V \sin \theta$ | ⑩ $v_0 = v_y + \alpha V \cos \theta$ |

(3)の解答群

- | | |
|--|--|
| ① $v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 + V^2$ | ② $\alpha v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 + V^2$ |
| ③ $v_0^2 = \alpha v_x^2 + v_y^2 + V^2$ | ④ $v_0^2 = v_x^2 + \alpha v_y^2 + V^2$ |
| ⑤ $v_0^2 = \alpha (v_x^2 + v_y^2) + V^2$ | ⑥ $v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 + \alpha V^2$ |
| ⑦ $v_0^2 = \alpha (v_x^2 + v_y^2 + V^2)$ | |

(4)の解答群

- | | | | |
|--|--|-----------------------|--|
| ① $2 v_0 \sin \theta$ | ② $2 v_0 \cos \theta$ | ③ $2 v_0 \tan \theta$ | ④ $\frac{2 v_0 \sin \theta}{1 + \alpha}$ |
| ⑤ $\frac{2 v_0 \cos \theta}{1 + \alpha}$ | ⑥ $\frac{2 v_0 \tan \theta}{1 + \alpha}$ | | |

(5)の解答群

- | |
|---|
| ① $(v_0(1 + \alpha \cos 2\theta), v_0 \alpha \sin 2\theta)$ |
| ② $(v_0(1 + \alpha \cos 2\theta), -v_0 \alpha \sin 2\theta)$ |
| ③ $(v_0(1 + \alpha \sin 2\theta), v_0 \alpha \cos 2\theta)$ |
| ④ $(v_0(1 + \alpha \sin 2\theta), -v_0 \alpha \cos 2\theta)$ |
| ⑤ $\left(\frac{v_0(1 + \alpha \cos 2\theta)}{1 + \alpha}, \frac{v_0 \alpha \sin 2\theta}{1 + \alpha} \right)$ |
| ⑥ $\left(\frac{v_0(1 + \alpha \cos 2\theta)}{1 + \alpha}, -\frac{v_0 \alpha \sin 2\theta}{1 + \alpha} \right)$ |
| ⑦ $\left(\frac{v_0(1 + \alpha \sin 2\theta)}{1 + \alpha}, \frac{v_0 \alpha \cos 2\theta}{1 + \alpha} \right)$ |
| ⑧ $\left(\frac{v_0(1 + \alpha \sin 2\theta)}{1 + \alpha}, -\frac{v_0 \alpha \cos 2\theta}{1 + \alpha} \right)$ |

衝突後、小球 B が $x < 0$ の向きに戻るために θ が満たす条件は、(6)

となる。例えば、 $M = 2m$ のときには、(7) であれば条件が満たされ、

特に $\theta = \frac{5\pi}{12}$ のときに小球 B が最初に $y = -\frac{L}{2}$ の位置の壁に衝突する位置の

x 座標は $x_{B1} =$ (8) となる。

(6)の解答群

- ① $\sin \theta < \frac{1}{\alpha}$ ② $\cos \theta < \frac{1}{\alpha}$ ③ $\sin \theta < -\frac{1}{\alpha}$
- ④ $\cos \theta < -\frac{1}{\alpha}$ ⑤ $\sin 2\theta < \frac{1}{\alpha}$ ⑥ $\cos 2\theta < \frac{1}{\alpha}$
- ⑦ $\sin 2\theta < -\frac{1}{\alpha}$ ⑧ $\cos 2\theta < -\frac{1}{\alpha}$

(7)の解答群

- ① $\frac{\pi}{8} < \theta$ ② $\theta < \frac{\pi}{8}$ ③ $\frac{\pi}{6} < \theta$ ④ $\theta < \frac{\pi}{6}$
- ⑤ $\frac{\pi}{4} < \theta$ ⑥ $\theta < \frac{\pi}{4}$ ⑦ $\frac{\pi}{3} < \theta$ ⑧ $\theta < \frac{\pi}{3}$

(8)の解答群

- ① $-\frac{L}{2}$ ② $-L$ ③ $-\sqrt{2}L$
- ④ $-(\sqrt{2}-1)L$ ⑤ $-\frac{(\sqrt{2}-1)L}{2}$ ⑥ $-\sqrt{3}L$
- ⑦ $-(\sqrt{3}-1)L$ ⑧ $-\frac{(\sqrt{3}-1)L}{2}$

以下、 $m = M$ の場合を考える。小球 A と B が衝突する時刻を $t = 0$ とする。

また、小球と $y = -\frac{L}{2}$ の位置にある壁との衝突は弾性衝突であるとする。一方、

$y = \frac{L}{2}$ の位置の壁は粘着的であり、壁に達した小球はその位置で静止するものとする。

そのため、小球 A は時刻 $t_A =$ (9) に $x_A =$ (10) の位置

で $y = \frac{L}{2}$ の位置の壁に達し、その位置に留まる。一方、小球 B は時刻

$t_{B1} =$ (11) に $y = -\frac{L}{2}$ の位置にある壁と最初の衝突をして跳ね返ったの

ち、時刻 $t_{B2} =$ (12) に $y = \frac{L}{2}$ の位置にある壁に到達する。この時の小球

B の位置は $x_{B2} =$ (13) となる。小球 B が $y = \frac{L}{2}$ の位置の壁に留まっている

小球 A と衝突するのは、 $\theta =$ (14) のときである。

(9), (11)の解答群

- ① $\frac{L}{v_0}$ ② $\frac{L}{v_0 \sin \theta}$ ③ $\frac{L}{v_0 \cos \theta}$ ④ $\frac{L}{v_0 \tan \theta}$
- ⑤ $\frac{L}{v_0 \sin 2\theta}$ ⑥ $\frac{L}{v_0 \cos 2\theta}$ ⑦ $\frac{L}{v_0 \tan 2\theta}$ ⑧ 0

(10), (13)の解答群

- ① $\frac{L \tan \theta}{2}$ ② $L \tan \theta$ ③ $\frac{3L}{2 \tan \theta}$ ④ $\frac{L \cos \theta}{2}$
- ⑤ $L \cos \theta$ ⑥ $\frac{3L}{2 \cos \theta}$ ⑦ 0 ⑧ L

(12)の解答群

- ① $\frac{3}{2} t_{B1}$ ② $2 t_{B1}$ ③ $\frac{5}{2} t_{B1}$ ④ $3 t_{B1}$
- ⑤ $\frac{7}{2} t_{B1}$ ⑥ $4 t_{B1}$ ⑦ $\frac{9}{2} t_{B1}$ ⑧ $5 t_{B1}$

(14)の解答群

① $\frac{\pi}{8}$

② $\frac{\pi}{6}$

③ $\frac{\pi}{5}$

④ $\frac{\pi}{4}$

⑤ $\frac{\pi}{3}$

⑥ $\frac{3\pi}{8}$

⑦ $\frac{2\pi}{5}$

<余 白>

- 2 以下の設問について、空欄(15)～(29)に当てはまるもっとも適切な解答を解答群より選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。また、問1の解答を解答用紙(その2)の所定の欄、および図2—3中に記入せよ。必要なら以下の公式、 $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$, $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ を用いること。

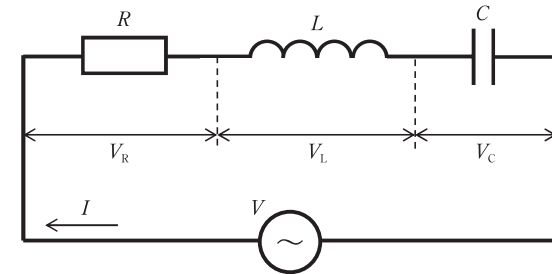


図2—1

図2—1のように、抵抗値が R の抵抗、自己インダクタンスが L のコイル、電気容量が C のコンデンサーを直列に接続し、角周波数が ω の交流電源とつないだRLC直列回路を考える。回路に流れる電流は図中の矢印に流れる向きを正の向きと定め、正の向きに電流を流そうとする電圧を正の電圧とする。回路に流れる電流 I がその最大値 I_0 を用いて $I = I_0 \sin \omega t$ で与えられる時、交流電流を位相の基準として、抵抗、コイル、コンデンサーの各素子の両端の電圧 V_R , V_L , V_C , およびそれらの和 V_{RLC} を求めよう。なお、RLC交流回路では任意の瞬間において各素子に流れる電流の値は等しく、また任意の瞬間において電源電圧 V と V_R , V_L , V_C の間にはキルヒホッフの第二法則から

$$V = V_R + V_L + V_C \quad (2-1)$$

が成り立つ。

まず、抵抗の両端の電圧 V_R は、その最大値を V_{R0} として、

$$V_R = V_{R0} \times \boxed{(15)} \quad (2-2)$$

で与えられる。

空欄(15)の解答群

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| ① $\sin 2\omega t$ | ② $\cos 2\omega t \cos \omega t$ | ③ $\tan 2\omega t$ |
| ④ $\sin \omega t$ | ⑤ $\cos \omega t$ | ⑥ $\tan \omega t$ |
| ⑦ $\sin \omega t \cos \omega t$ | ⑧ $\sin 2\omega t \cos \omega t$ | ⑨ $2 \sin \omega t$ |
| ⑩ $2 \cos \omega t$ | | |

次にコイルの両端の電圧 V_L について考える。交流電源につながれたコイルには電流の変化を妨げる向きに自己誘導による誘導起電力 \tilde{V}_L が生じる。コイルに流れる電流の値が時刻 t から微小時間 Δt 後の時刻 $t + \Delta t$ の間に I から $I + \Delta I$ に変化するとき、コイルに生じる誘導起電力 \tilde{V}_L は $\tilde{V}_L = -$ (16) と表される。なお、負の符号は誘導起電力が電流の変化を妨げる向きに生じることを意味する。図2-1の回路ではキルヒホッフの第二法則が成り立っており、コイルの両端に生じる電圧 V_L は $-\tilde{V}_L$ に等しい。

さて、電圧 V_L は、コイルの両端の電圧の最大値を V_{L0} 、電流 I に対する位相差を θ_L ($-\frac{\pi}{2} \leq \theta_L \leq \frac{\pi}{2}$) とした時、

$$V_L = V_{L0} \sin(\omega t + \theta_L) \quad (2-3a)$$

と表すことができる。以下、 V_{L0} および θ_L を求めよう。ここで、物理量 x が $x = \sin(\omega t + C)$ で表される時(ただし C は 0 を含む任意の定数)、時刻 t から $t + \Delta t$ の間における x の変化量 Δx は $\Delta x = \Delta t \omega \cos(\omega t + C)$ で与えられることを利用すると、コイルの両端の電圧 V_L は $V_L =$ (16) と、 $I = I_0 \sin \omega t$ より

$$V_L = \text{(17)} \times \cos(\omega t \text{(18)}) \quad (2-3b)$$

となる。三角関数の加法定理を用いると(2-3b)式は

$$V_L = \text{(17)} \times \sin(\omega t \text{(19)}) \quad (2-3c)$$

と書き直され、これは(2-3a)式と同じであるはずである。よって、 $V_{L0} =$ (17) であり、 θ_L の値は (19) であることがわかる。これはコイルに流れる電流の位相はコイルに加わる電圧よりも (20) ことを示す。

空欄(16)の解答群

- ① L ② $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ③ $\frac{1}{L}$ ④ $\frac{\Delta t}{\Delta I}$
 ⑤ $\frac{1}{L} \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ⑥ $L \frac{\Delta t}{\Delta I}$ ⑦ $L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ⑧ $L \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right)^2$
 ⑨ $L^2 \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ⑩ $\frac{1}{L^2} \frac{\Delta t}{\Delta I}$

空欄(17)の解答群

- ① $I_0 \omega$ ② $L \omega$ ③ $I_0 L$ ④ $\frac{L}{I_0 \omega}$ ⑤ $I_0 L \omega$
 ⑥ $\frac{L \omega}{I_0}$ ⑦ $\frac{I_0 \omega}{L}$ ⑧ $\frac{1}{I_0 L \omega}$ ⑨ $\frac{\omega}{I_0 L}$ ⑩ $\frac{I_0 L}{\omega}$

空欄(18), (19)の解答群

- ① $+0$ ② $+\frac{\pi}{2}$ ③ $-\frac{\pi}{2}$ ④ $+\frac{\pi}{3}$ ⑤ $-\frac{\pi}{3}$
 ⑥ $+\frac{\pi}{4}$ ⑦ $-\frac{\pi}{4}$ ⑧ $+\frac{\pi}{5}$ ⑨ $-\frac{\pi}{5}$ ⑩ $+\frac{\pi}{6}$

空欄(20), (26)の解答群

- ① 進みも遅れもしない ② $\frac{\pi}{2}$ 進む
 ③ $\frac{\pi}{2}$ 遅れる ④ $\frac{\pi}{3}$ 進む
 ⑤ $\frac{\pi}{3}$ 遅れる ⑥ $\frac{\pi}{4}$ 進む
 ⑦ $\frac{\pi}{4}$ 遅れる ⑧ $\frac{\pi}{5}$ 進む
 ⑨ $\frac{\pi}{5}$ 遅れる ⑩ $\frac{\pi}{6}$ 進む

次に、図2—1の回路中のコンデンサーの電極間にあらわれる電圧 V_C について考察しよう。コンデンサーに加わる電圧の最大値を V_{C0} 、電流 I に対する位相差を θ_C ($-\frac{\pi}{2} \leq \theta_C \leq \frac{\pi}{2}$) とした時、電圧 V_C は

$$V_C = V_{C0} \sin(\omega t + \theta_C) \quad (2-4a)$$

と表すことができる。以下、 V_{C0} および θ_C を求めよう。この時のコンデンサーにたくわえられる電気量 Q は C を用いて $Q = \text{〔21〕}$ で与えられる。コンデンサーにたくわえられた電気量が時刻 t から微小時間 Δt 後の時刻 $t + \Delta t$ の間に Q から $Q + \Delta Q$ に変化した時、コンデンサーに流れる電流は $I = \text{〔22〕}$ で与えられる。ここで、(2—3b)式を導出した時と同様に考えると、コンデンサーに流れる電流は(2—4a)式を用いて

$$I = \text{〔23〕} \times \cos(\omega t + \theta_C) \quad (2-4b)$$

と表される。ここで三角関数の加法定理を用いて(2—4b)式を書き直した場合、これは $I = I_0 \times \sin \omega t$ と書き直されるはずである。よって、(2—4a)式中の V_{C0} は I_0 を用いて $V_{C0} = \text{〔24〕}$ となり、また θ_C は $\theta_C = \text{〔25〕}$ となる。これはコンデンサーに流れる電流の位相はコンデンサーの電圧よりも 〔26〕 ことを示す。

空欄(21)の解答群

- ① C ② C^2 ③ $\frac{C}{V_C}$ ④ CV_C ⑤ $C^2 V_C^2$
 ⑥ $C^2 V_C$ ⑦ CV_C^2 ⑧ V_{C0} ⑨ $C^2 V_{C0}$ ⑩ CV_{C0}^2

空欄22の解答群

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $Q + \Delta Q$ | ② $\frac{Q + \Delta Q}{t + \Delta t}$ |
| ③ $\frac{t + \Delta t}{Q + \Delta Q}$ | ④ $(Q + \Delta Q)(t + \Delta t)$ |
| ⑤ $\frac{Q + \Delta Q}{\Delta t}$ | ⑥ ΔQ |
| ⑦ Δt | ⑧ $\Delta Q \Delta t$ |
| ⑨ $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ | ⑩ $\frac{\Delta t}{\Delta Q}$ |

空欄23の解答群

- | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ① $V_{C0}\omega C$ | ② $\frac{V_{C0}\omega}{C}$ | ③ $\frac{V_{C0}C}{\omega}$ | ④ $\frac{1}{V_{C0}\omega C}$ | ⑤ $\frac{1}{\omega C}$ |
| ⑥ $\frac{V_{C0}}{\omega C}$ | ⑦ $\frac{\omega C}{V_{C0}}$ | ⑧ $\frac{C}{V_{C0}\omega}$ | ⑨ $\frac{\omega}{V_{C0}C}$ | ⑩ $\frac{1}{V_{C0}\omega}$ |

空欄24の解答群

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| ① $I_0\omega C$ | ② $\frac{I_0\omega}{C}$ | ③ $\frac{I_0C}{\omega}$ | ④ $\frac{1}{I_0\omega C}$ | ⑤ $\frac{1}{\omega C}$ |
| ⑥ $\frac{I_0}{\omega C}$ | ⑦ $\frac{\omega C}{I_0}$ | ⑧ $\frac{C}{I_0\omega}$ | ⑨ $\frac{\omega}{I_0C}$ | ⑩ $\frac{1}{I_0\omega}$ |

空欄25の解答群

- | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① 0 | ② $+\frac{\pi}{2}$ | ③ $-\frac{\pi}{2}$ | ④ $+\frac{\pi}{3}$ | ⑤ $-\frac{\pi}{3}$ |
| ⑥ $+\frac{\pi}{4}$ | ⑦ $-\frac{\pi}{4}$ | ⑧ $+\frac{\pi}{5}$ | ⑨ $-\frac{\pi}{5}$ | ⑩ $+\frac{\pi}{6}$ |

空欄26の解答群は P 12 を参照せよ。

以上、抵抗、コイル、コンデンサーの各素子の両端の電圧 V_R , V_L , V_C が求められた。これらの和 V_{RLC} を、 $A (> 0)$ を係数、 $\beta \left(-\frac{\pi}{2} \leq \beta \leq \frac{\pi}{2} \right)$ を電流 I に対する電圧 V_{RLC} の位相差として次式、

$$V_{RLC} = A \sin(\omega t + \beta)$$

で表すと、 $A = \boxed{(27)}$ 、 $\tan \beta = \boxed{(28)}$ となる。電流値 I が決まっている場合、交流電圧の角周波数 ω が $\omega = \boxed{(29)}$ の時に A が最も小さくなる。

空欄27の解答群

- | | |
|---|---|
| ① $\sqrt{V_{R0}^2 + (V_{L0} - V_{C0})^2}$ | ② $\sqrt{V_{R0}^2 + (V_{L0} + V_{C0})^2}$ |
| ③ $\sqrt{(V_{R0} + V_{C0})^2 + V_{L0}^2}$ | ④ $\sqrt{(V_{R0} - V_{C0})^2 + V_{L0}^2}$ |
| ⑤ $\sqrt{(V_{R0} - V_{C0})^2 - V_{L0}^2}$ | ⑥ $\sqrt{(V_{R0} + V_{C0})^2 - V_{L0}^2}$ |
| ⑦ $\sqrt{V_{R0}^2 + V_{L0}^2 + V_{C0}^2}$ | ⑧ $\sqrt{V_{R0}^2 + V_{L0}^2 - V_{C0}^2}$ |
| ⑨ $\sqrt{V_{R0}^2 - V_{L0}^2 + V_{C0}^2}$ | ⑩ $\sqrt{V_{R0}^2 - V_{L0}^2 - V_{C0}^2}$ |

空欄28の解答群

- | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{V_{R0} - V_{C0}}{V_{L0}}$ | ② $\frac{V_{L0} - V_{R0}}{V_{C0}}$ | ③ $\frac{V_{C0} - V_{L0}}{V_{R0}}$ | ④ $\frac{V_{L0} - V_{C0}}{V_{R0}}$ |
| ⑤ $\frac{V_{L0} + V_{C0}}{V_{R0}}$ | ⑥ $\frac{V_{R0}}{V_{L0} + V_{C0}}$ | ⑦ $\frac{V_{C0}}{V_{L0} + V_{R0}}$ | ⑧ $\frac{V_{L0}}{V_{R0} - V_{C0}}$ |
| ⑨ $\frac{2V_{R0}}{V_{L0} - V_{C0}}$ | ⑩ $\frac{V_{R0}V_{C0}}{V_{L0}}$ | | |

空欄29の解答群

- | | | | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① LC | ② $\frac{1}{LC}$ | ③ $\frac{C}{L}$ | ④ $\frac{L}{C}$ | ⑤ \sqrt{LC} |
| ⑥ $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{C}{L}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{L}{C}}$ | ⑨ $\frac{C}{\sqrt{L}}$ | ⑩ $\frac{L}{\sqrt{C}}$ |

問1 RLC直列回路に流れる電流 $I = I_0 \sin \omega t$ は、図2—2のように xy 平面上にて原点 O を中心に角速度 ω で回転する大きさ I_0 のベクトルの y 軸方向の成分とみなすことができる。なお、時刻 t のときにベクトルと x 軸とのなす角を ωt とする。同様に、図2—1の各素子の電圧 V_R, V_L, V_C は、式(2—2), (2—3a), (2—4a)によって決まる大きさおよび x 軸となす角をもつベクトルの y 軸方向の成分とみなせ、また、 V_{RLC} はこれらのベクトル和の y 軸方向の成分となる。

電流 $I = I_0 \sin \omega t$ が流れる RLC 直列回路において、 $I_0 = 100 \text{ mA}$ 、抵抗の抵抗値が 50Ω 、コイルおよびコンデンサーのリアクタンス、 ωL および $\frac{1}{\omega C}$ の値が、それぞれ 40Ω および 20Ω であったとする。 $\omega t = 2\pi n$ (ただし n は整数) の時の、各素子に加わる電圧 V_R, V_L, V_C 、および電圧 V_{RLC} を表す4つのベクトルを図2—3中に記入せよ。記入に際し、4つのベクトルが V_R, V_L, V_C, V_{RLC} のどれに相当するのか、必ず明記せよ。なお、図2—3の日盛りの間隔は 1 V である。更に、記入した図より電圧 V_{RLC} の大きさおよび $\tan \beta$ の値を求め、所定の解答欄に解答せよ。なお、解答に平方根が含まれる場合には、最も簡単な形に整理したうえで平方根を残してよい。

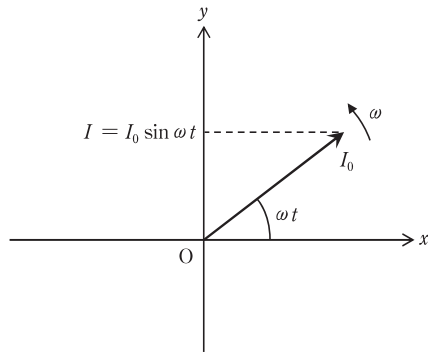


図2—2

3 次の文章を読み、空欄(30)～(35)にあてはまるもっとも適切な図、またはグラフをそれぞれの解答群より選び、**解答用紙(その1)**の該当する記号をマークせよ。また、空欄(ア)～(ク)に当てはまるもっとも適切な式、または数値を**解答用紙(その2)**の該当する欄に記入せよ。

- (1) 水深 d_0 のじゅうぶんに広いプールの中心に一定の振動数 f_0 で上下し波を作る装置がある。本問では、装置の大きさは波の波長に比べ無視できるほど小さく、水深も波の波長に比べじゅうぶん浅く、またプールの端の影響は無視できるとする。波を作る装置は x 軸上のある点に静止している。水面を上から見た装置の周りの水面の波の山の位置(波面)を図3—1に線で示す。このときの波の速さを v_0 とする。

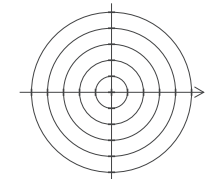


図3—1 水面を上から見た水面の波面の様子

装置の周りのある点における水面の変位(高さ) h の時間 t に対する変化を $f_0 t$ に対して描いたグラフを図3—2に示す。波の波長 λ_0 は f_0 と v_0 を使って $\lambda_0 = \text{(ア)}$ と表される。

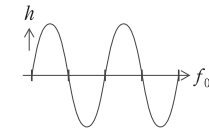
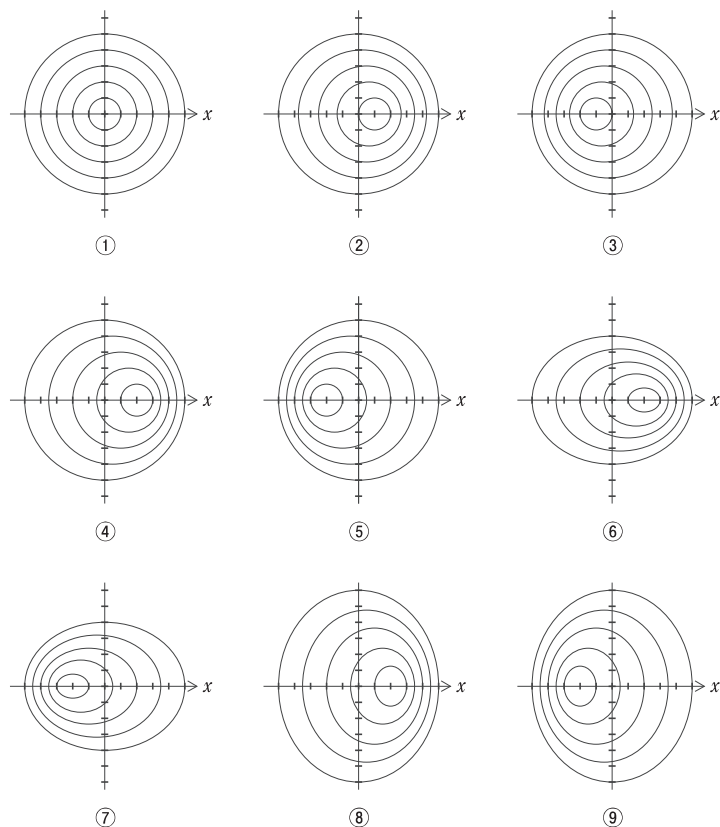


図3—2 水面の変位 h を $f_0 t$ に対して描いたグラフ

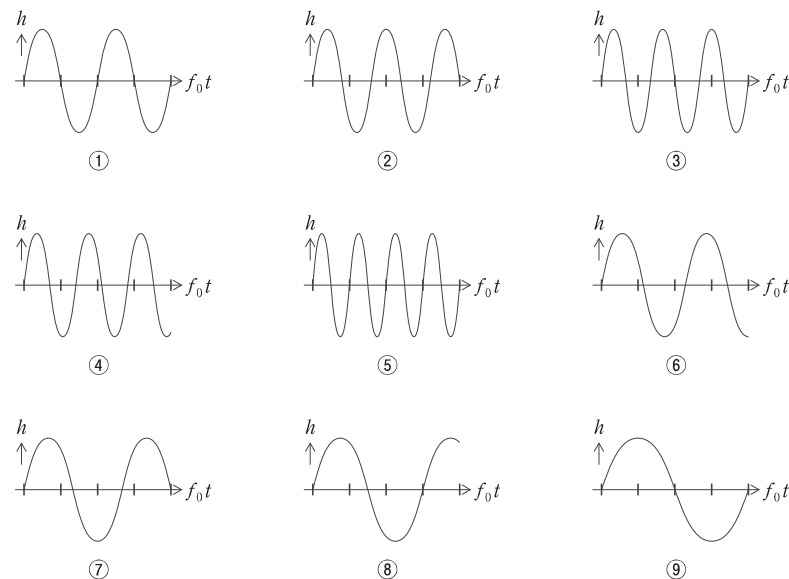
次に、波を作る装置を x 軸の正の向きにある一定の速度 v_1 ($v_1 < v_0$) で動かした。ある時刻に装置が波の山を作ってから装置がちょうど $0.5\lambda_0$ だけ動いた時、次の波の山が装置から出た。 $v_1 = \boxed{(イ)}$ $\times v_0$ である。じゅうぶん時間が経過したのちの装置の周りの波面の様子を描いた図として最も適切なものは $\boxed{(30)}$ である。

30)の解答群の図 解答群の図の目盛の間隔は図3—1の目盛の間隔と等しい。



x 軸上の、装置から見て装置の進行方向にある点 A と進行方向と逆向きにある点 B における水面の変位 h の時間 t に対する変化を $f_0 t$ に対して描いたグラフとして最も適切なものはそれぞれ $\boxed{(31)}$, $\boxed{(32)}$ である。点 A, B は波を作る装置からじゅうぶん離れているものとする。

31)から35)の解答群のグラフ グラフの目盛の間隔は図3—2の目盛の間隔と等しい。



(II) 水深が波の波長に比べじゅうぶん浅い場合、水面の波の速さ v は重力加速度の大きさ g と水深 d だけで決まる。したがって、単位を持たない3つの定数を C, α, β として

$$v = Cg^\alpha d^\beta$$

と表される。ここで C は正である。この式の左辺と右辺は同じ単位を持つ。

このことより $\alpha = \boxed{(ウ)}$, $\beta = \boxed{(エ)}$ であることがわかる。

(Ⅲ) これまでの波を作る装置を取り除き、 x 軸の正の向きに進む平面波を作る装置を $x < 0$ のある位置に設置した。平面波の振動数は(Ⅰ)と同じく f_0 である。

そしてプールに台を沈め、 $x > L (> 0)$ の領域の水深を $\frac{d_0}{2}$ とした。他の領域の

水深は d_0 のままである。この時の $x < L$ の領域における波面の様子を図 3—3 に示す。平面波を作る装置はこの図の領域のじゅうぶん左方にある。 $x > L$ の領域の波の波長は (オ) $\times \lambda_0$ となる。図の点 C における水面の変位 h の時間変化を描いたグラフとして最も適切なものは (33) である。

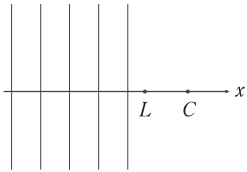


図 3—3

平面波を作る装置を $x < L$ の領域で x 軸の正の向きに(Ⅰ)の場合と同じ速さ v_1 で動かした。点 C における水面の変位 h の時間変化を描いたグラフとして最も適切なものは (34) である。 $x > L$ の領域の波の波長は (カ) $\times \lambda_0$ となる。

次に平面波を作る装置を固定し、図 3—4 に示すように平面波が進む向きを x 軸に対して 45 度の向きになるようにした。このとき、 $x > L$ の領域の波の波長は (キ) $\times \lambda_0$ となり平面波が進む向きが x 軸となす角度は (ク) 度となる。図の中の点 C における水面の変位 h の時間変化を描いたグラフとして最も適切なものは (35) である。

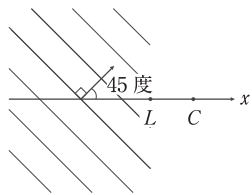


図 3—4