

## 物 理

## 注 意

1. 問題は全部で22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	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 0
---	----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

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Ⅰ～Ⅲは小球および物体の運動に関する問題である。運動は紙面内で起こるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。空欄(ア)～(キ)について解答用紙(その2)に適切な式を記せ。空欄(1)～(4)についてはあてはまる最も適切なものを解答群より選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。

Ⅰ 図1—1のように、水平面となす角  $\theta$  のなめらかな斜面上に自然長が  $\ell$  でばね定数が  $k$  のばねを置き、その上端を点  $O$  で固定した。次にばねの下端に質量  $m$  の小球  $A$  を付け、さらに質量  $m$  の小球  $B$  を質量が無視できる細くて短いひもで小球  $A$  とつないで静かに斜面上に置いたところ、小球  $A$ 、小球  $B$  とも斜面上に静止した。このときばねの長さである点  $O$  と小球  $A$  の距離は  $d$  であった。ばねの自然長からの伸び、 $d - \ell$  は、 $k$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$  を用いて (ア) と表せる。

次に、小球  $A$  と小球  $B$  を結んでいた糸を切ったところ、小球  $A$  は斜面上で単振動した。小球  $A$  の単振動の中心位置と点  $O$  との距離は  $d$  と  $\ell$  を用いて (イ) と表せ、また、小球  $A$  の単振動の周期は (ウ) である。なお、切られた糸は小球  $A$  の運動に影響しないものとする。

一方、小球  $A$  と結ばれていた糸が切られたことにより、小球  $B$  は斜面をすべり、最初の糸を切る直前の静止位置から斜面下側の距離  $d$  の位置に置かれた斜面に垂直な壁と完全弾性衝突した。壁に衝突する直前の小球  $B$  の速さは、 $d$ 、 $g$ 、 $\theta$  を用いて (エ) と表せる。また、糸を切ってから小球  $B$  が最初に静止していた位置に戻ってくるまでの時間は (オ) と求められる。なお、切られた糸は小球  $B$  の運動に影響しないものとする。

小球  $A$ 、小球  $B$  ともに最初の静止位置に初めて戻ってくる時間が同じになる条件は、 $m$ 、 $g$ 、 $k$ 、 $\theta$  を用いて、 $d =$  (カ) と表せる。

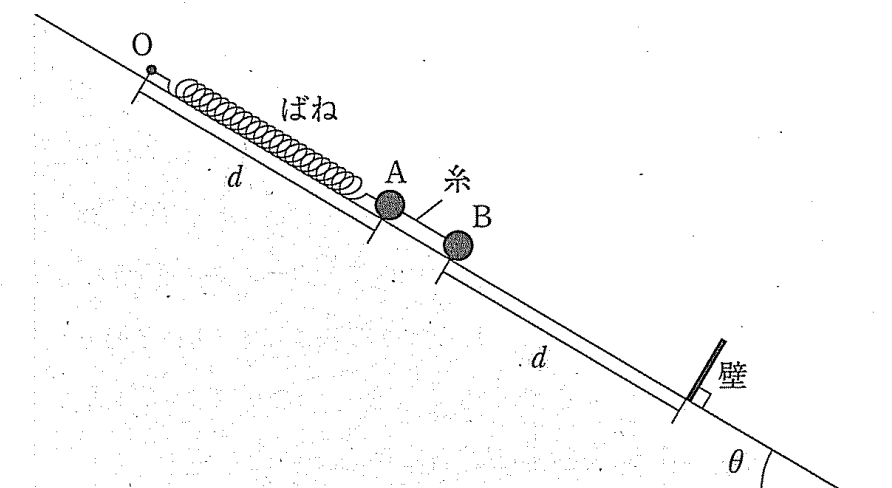


図 1—1

以下余白

II 図1—2のように、2つのなめらかな斜面上に、頂点をまたいで長さ $2d$ の伸び縮みしない質量の無視できる糸で結ばれた質量がそれぞれ $m$ 、 $2m$ の小球Aと小球Bを置き、糸の midpoint が頂点Oの位置となるようにして手で糸を押さえて静止させた。小球Aが置かれた側の斜面の水平面となす角を $\theta_A$ 、小球Bが置かれた側の斜面の水平面となす角を $\theta_B$ とする。頂点Oには微小でなめらかに回る滑車が固定されており、つねに糸はこれの上を通り、斜面と接することなく小球Aと小球Bをたるむことなくつないでいる。また、一連の運動において小球Aと小球Bは常に斜面に接していた。

頂点Oで押さえていた糸からそっと手を離したとき、小球Aが斜面下方に小球Bが斜面上方に動き出した。このような運動が起こるとき、 $\sin \theta_A >$  (※) が $\theta_A$ 、 $\theta_B$ の満たすべき条件である。

小球Bが頂点Oに達したとき小球Aは斜面上にあった。小球Bが動きはじめてから頂点Oに達するまでの時間は (1) で、小球Bが頂点Oに達する直前の速さは (2) である。

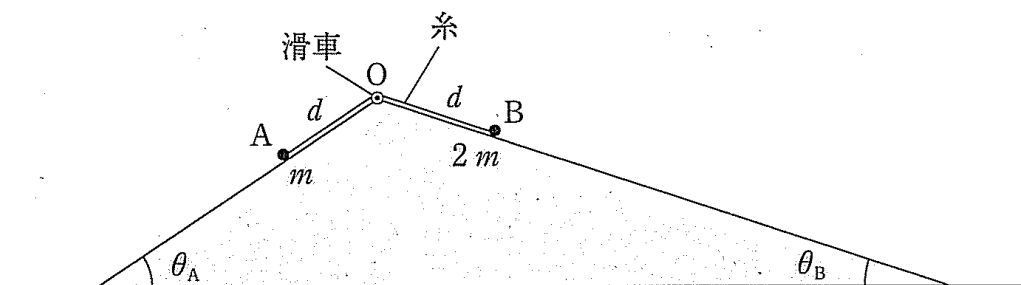


図1—2

(1)の解答群

$$\textcircled{1} \sqrt{\frac{d}{(\sin \theta_A - \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{3} \sqrt{\frac{3d}{(\sin \theta_A - \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{5} \sqrt{\frac{3d}{(\sin \theta_A - 2 \cos \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{7} \sqrt{\frac{6d}{(\sin \theta_A - \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{9} \sqrt{\frac{6d}{(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{2} \sqrt{\frac{d}{(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{4} \sqrt{\frac{3d}{(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{6} \sqrt{\frac{3d}{(\sin \theta_A + 2 \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{8} \sqrt{\frac{6d}{(2 \sin \theta_A - \sin \theta_B)g}}$$

$$\textcircled{10} \sqrt{\frac{6d}{(\sin \theta_A + 2 \sin \theta_B)g}}$$

(2)の解答群

$$\textcircled{1} \sqrt{dg(\sin \theta_A - \sin \theta_B)}$$

$$\textcircled{3} \sqrt{dg(\sin \theta_A - 2 \cos \theta_B)}$$

$$\textcircled{5} \sqrt{\frac{dg(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{7} \sqrt{\frac{2dg(2 \sin \theta_A - \sin \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{9} \sqrt{\frac{2dg(\sin \theta_A - 2 \cos \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{2} \sqrt{dg(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)}$$

$$\textcircled{4} \sqrt{\frac{dg(2 \sin \theta_A - \sin \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{6} \sqrt{\frac{dg(\sin \theta_A - 2 \cos \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{8} \sqrt{\frac{2dg(\sin \theta_A - 2 \sin \theta_B)}{3}}$$

$$\textcircled{10} \sqrt{\frac{2dg(\sin \theta_A + \sin \theta_B)}{3}}$$

以下余白

Ⅲ 図1—3のように、2つの斜面上に、伸び縮みしない軽い長さ  $2d$  の糸で結ばれた質量がともに  $m$  で小さい物体Aと物体Bを置いた。次に物体Aの端から頂点Oに固定された微小でなめらかに回る滑車までの糸の長さが  $d$  となるようにして糸を頂点Oにて手で押さえて静止させた。物体Aが置かれた側の斜面はなめらかであるが、物体Bとそれが置かれた側の斜面の間には摩擦が働く。物体Aが置かれた側の斜面の水平面となす角を  $\theta$ ，物体Bが置かれた側の斜面の水平面となす角を  $30^\circ$  とする。糸はたるみなく、斜面と接していなかった。また、以下の運動において物体Aと物体Bは常に斜面に接していた。

糸を頂点Oにて押さえていた手をそっと離れた後の物体A、物体Bの運動の様子を、物体Bが置かれた側の斜面となす角は  $30^\circ$  に固定し、 $\theta$  の大きさを少しずつ変えながら繰り返し調べたところ、 $\theta$  が角度  $X$  以下では物体Aは動かず、 $\theta$  が  $X$  より大きくなると物体Aが斜面下方にすべり出すことがわかった。この結果より、物体Bと置かれた斜面の間の静止摩擦係数  $\mu$  を、 $X$  を用いて (3) と求めることができた。

$\theta$  を  $X$  より大きな角度にして斜面を固定し、物体Aの端から頂点Oまでの糸の長さが  $d$  となるように糸を頂点Oにて手で押さえて静止させた。頂点Oにて糸を押さえていた手をそっと離れた後の物体A、物体Bの運動の様子を調べたところ、頂点Oから  $d$  の位置に静止していた物体Bが頂点Oに達する直前の速さは  $v_0$  であることがわかった。物体Bが動き始めてから頂点Oに達するまでの運動の間に、斜面と物体Bの間の摩擦力がした仕事は、(4) と表せる。なお、この運動の間、物体Aは斜面上にあった。

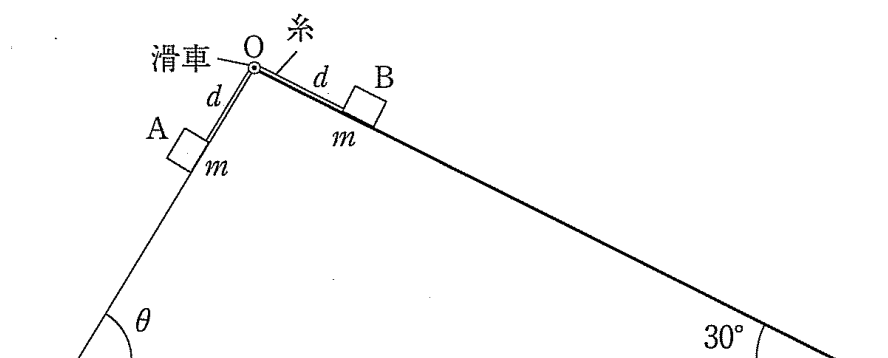


図1—3

(3)の解答群

①  $\sin X - 1$

②  $2 \sin X - 1$

③  $\sin X + 1$

④  $2 \sin X + 1$

⑤  $\frac{\sqrt{3}}{3} (\sin X - 1)$

⑥  $\frac{\sqrt{3}}{3} (2 \sin X - 1)$

⑦  $\frac{\sqrt{3}}{3} (2 \sin X + 1)$

⑧  $\frac{1}{2} (2 \sin X - 1)$

⑨  $\frac{1}{2} (2 \sin X + 1)$

⑩  $0$

(4)の解答群

①  $mdg (\sin \theta + 1)$

②  $m (dg \sin \theta - v_0^2)$

③  $m (dg \sin \theta + v_0^2)$

④  $m (dg \sin \theta - 2 v_0^2)$

⑤  $m \{ dg (\sin \theta - 0.5) - v_0 \}$

⑥  $m \{ dg (\sin \theta - 0.5) - 2 v_0 \}$

⑦  $m \{ dg (\sin \theta - 1) - 4 v_0 \}$

⑧  $m \{ dg (2 \sin \theta + 0.5) - v_0^2 \}$

⑨  $m \{ dg (\sin \theta + 1) - v_0^2 \}$

⑩  $m \{ dg (\sin \theta - 0.5) - v_0^2 \}$

以下余白

- 2 以下の設問について、空欄(5)～(27)に当てはまるもっとも適切な解答を選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。なお以下の(I)～(Ⅲ)では導線やコイルなどの電気抵抗はすべて無視できるとする。

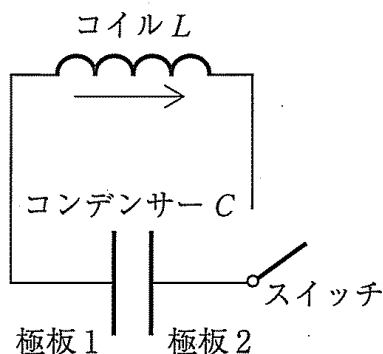


図 2—1

- (I) 図 2—1 のように、極板 1 と極板 2 からなる電気容量  $C$  の平行板コンデンサー、自己インダクタンスが  $L$  のコイル、及びスイッチを含む回路が真空中にある。最初スイッチは開いており、コンデンサーには  $Q_0(>0)$  の電荷がたくわえられていた。時刻  $t = T_0$  にスイッチを閉じたところ電流が矢印の方向に流れ始め、その後、回路には振動電流が生じた。

一般に、自己インダクタンスが  $L$  のコイルに流れる電流が微小時間  $\Delta t$  の間に  $\Delta I$  変化する時、コイルに生じる誘導起電力は  $V =$  (5) で与えられる。(5) 中の符号は電流の変化を妨げる向きに起電力が生じることを示し、 $\Delta I$  は (6) の値をとるとしている。

(5)の解答群

- ①  $-\frac{\Delta t}{\Delta I}$       ②  $-\frac{\Delta I}{\Delta t}$       ③  $-L \frac{\Delta I}{\Delta t}$       ④  $-L \frac{\Delta t}{\Delta I}$   
 ⑤  $-\frac{1}{L} \frac{\Delta t}{\Delta I}$       ⑥  $-\frac{1}{L} \frac{\Delta I}{\Delta t}$       ⑦  $-L \Delta I \Delta t$       ⑧  $-\Delta I \Delta t$

(6)の解答群

- ① 正のみ      ② 負のみ      ③ 正負両方



振動電流を扱う本問題では、図 2—1 に示す矢印の向きに流れる電流が増加する場合に  $\Delta I$  が正であるとした。よって矢印の向きに流れる電流の増加を妨げる向きに生じる起電力の符号は負である。あらためて本回路中のコイルに生じる誘導起電力を  $V_L$  とし、コンデンサー極板間の電位差  $V_C$  を極板 2 から見た極板 1 の電位差とすると、図 2—1 の回路では  $V_L$  の大きさと  $V_C$  の大きさは常に (7) となる。

さて、回路に振動電流が生じた後、矢印の向きに流れる電流が最大値  $I_1(>0)$  となる時刻を  $T_1(>T_0)$  とする。時刻  $T_1$  を中心とする微小時間における  $\Delta I$  は (8) であり、よって誘導起電力  $V_L$  は (9) となる。この時、コンデンサーにたくわえられている電荷は (10) である。

時刻  $T_1$  を過ぎると、コンデンサーの極板 1 には (11) の電荷が、極板 2 には (12) の電荷があらわれ、回路を矢印の向きに流れる電流は時間の経過と共に (13) 。また、 $V_L$  の符号は (14) となる。

(7)の解答群

- |                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| ① 異なり、かつ $V_L + V_C = 2V_L$ | ② 異なり、かつ $V_L - V_C = 3V_L$          |
| ③ 異なり、かつ $V_L - V_C = 2V_C$ | ④ 異なり、かつ $V_L + V_C = LC$            |
| ⑤ 等しく、かつ $V_L + V_C = 0$    | ⑥ 等しく、かつ $V_L - V_C = 0$             |
| ⑦ 等しく、かつ $V_L + V_C = LC$   | ⑧ 等しく、かつ $V_L - V_C = \frac{Q_0}{C}$ |

(8), (9), (10), (15), (16), (17), (18)の解答群

- |                      |                    |                             |                        |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|
| ① $\frac{Q_0}{C}$    | ② $-\frac{Q_0}{C}$ | ③ $L \frac{I_1}{T_2 - T_1}$ | ④ $L \frac{I_1}{T_2}$  |
| ⑤ $I_1$              | ⑥ $-I_1$           | ⑦ $\sqrt{LC}$               | ⑧ $\frac{1}{2} CV_C^2$ |
| ⑨ $\frac{1}{2} LI_1$ | ⑩ 0                |                             |                        |

(11), (12), (14)の解答群

- |     |     |
|-----|-----|
| ① 正 | ② 負 |
|-----|-----|

(13), (26), (27)の解答群

① 増大する

② 減衰する

③ 変化しない

やがてコンデンサーの極板2にあらわれる電荷が  $Q_0$  に達した時刻  $T_2$  において、回路を矢印の向きに流れる電流値は (15) となった。この時、 $V_L =$  (16) であり、 $V_C =$  (17) であるので、それらの大きさは共に最大となる。

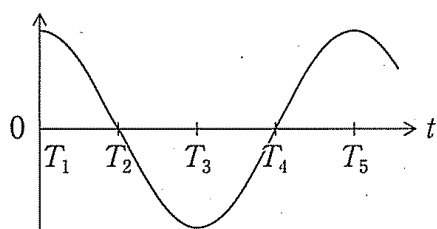
時刻  $T_2$  を過ぎると、今度は矢印とは逆向きに電流が流れはじめ、コンデンサーにたくわえられていた電荷は減少し、コイルの誘導起電力の大きさも減少する。やがて、矢印の向きに流れる電流値が (18) となる瞬間を時刻  $T_3$  とすると、時刻  $T_3$  を中心とする微小時間における  $\Delta I$  は (8) であり、よって  $V_L =$  (9) となる。時刻  $T_3$  を過ぎると、コンデンサーの各極板には時刻  $T_1 < t < T_3$  の場合とは逆の符号を持つ電荷があらわれ、回路を矢印とは逆向きに流れる電流は時間と共に減少し、やがて0となる。この瞬間を時刻  $T_4$  とする。時刻  $T_4$  を過ぎると今度は矢印の向きに電流が流れ始め、やがて電流値は  $I_1$  となる(この瞬間を時刻  $T_5$  とする)。このようにして交互に向きが入れ替わる電流が周期的に流れる。

以上より、時刻  $T_1$  以降に回路を矢印の向きに流れる電流値の変化を適切に表すグラフは (19)、コンデンサーの極板1にあらわれる電荷の変化を表すグラフは (20)、誘導起電力  $V_L$  の変化を表すグラフは (21) である。なお、各グラフの横軸は時刻  $t$  であり、縦軸は、電流、電荷、誘導起電力のいずれかをあらわすものとする。

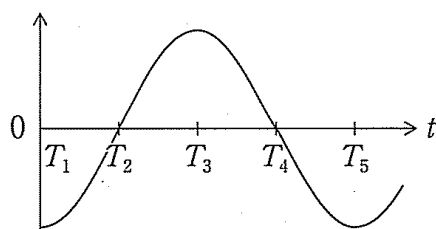
以下余白

(19), (20), (21)の解答群

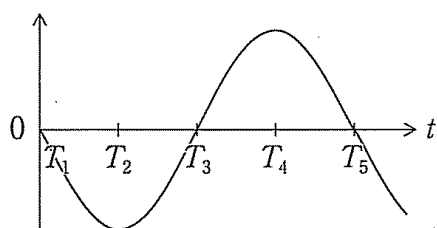
①



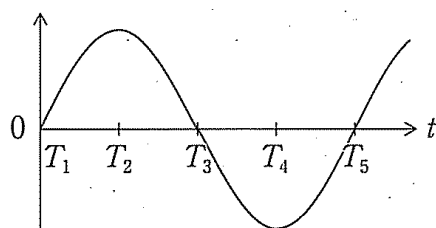
②



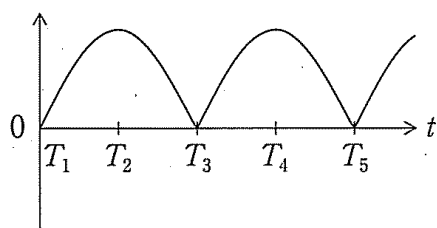
③



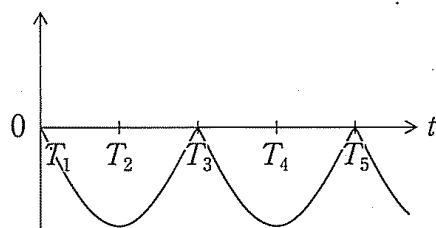
④



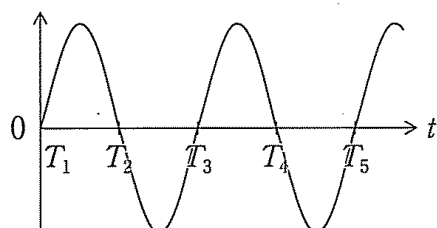
⑤



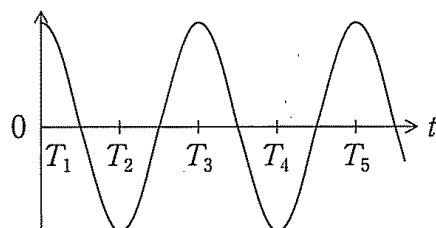
⑥



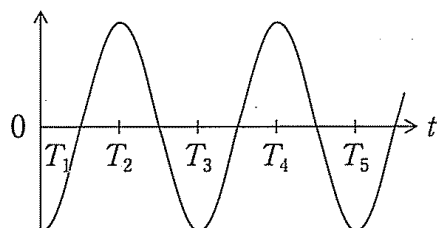
⑦



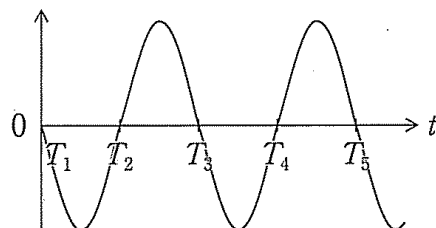
⑧



⑨



⑩



(II)  $LC$  回路における振動電流の角周波数  $\omega_0$  は次式,

$$\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = \boxed{(22)}$$

を満たす。このときの周波数  $f_0$  を固有周波数と呼び,  $f_0 = \boxed{(23)}$  である。

(22), (23)の解答群

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

(III) 図2—1に示す電気容量が  $C$  の平行板コンデンサーに比誘電率が4の誘電体をすき間無く挿入した場合, 電気容量は  $C$  の  $\boxed{(24)}$  倍となる。このコンデンサーと自己インダクタンスが  $L$  のコイルからなる  $LC$  回路における電気振動現象を, (I)の場合と同様に観測したところ, 電気振動の固有周波数は(I)の場合に比べて  $\boxed{(25)}$  倍であった。

(24), (25)の解答群

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

(IV) 実際の導線やコイルなどには電気抵抗がある。これを考慮した場合,  $LC$  回路に流れる振動電流の振幅は時間の経過と共に  $\boxed{(26)}$ 。また, その固有周波数は時間の経過と共に  $\boxed{(27)}$ 。

以下余白

<余 白>

- 3 以下の文章を読み、空欄(28)～(36)にあてはまる最も適切な式または語句をそれぞれの解答群から選び、解答用紙(その1)に記された記号をマークせよ。また、空欄(a)～(d)にあてはまる式を解答用紙(その2)の所定の欄に解答し、問(A)については解答用紙(その2)の所定の図に解答を記せ。ただし、空気の屈折率を1とし、光は図3—1～図3—5の紙面内を通るものとする。

(I) 図3—1のように、ガラスで作られたプリズムが空気中に置かれている。頂点Oにおける頂角 $\beta$ は十分小さいとし、ガラスの屈折率を $n(>1)$ とする。単色光がプリズムに小さい入射角で入射し、プリズムから出て行くまでの道筋を考えよう。光がプリズムに入射した点をAとし、点Aにおける入射角と屈折角をそれぞれ $i, r$ とすると、 $i$ と $r$ の間には (28) の関係が成り立つ。プリズムを通過した光は入射面と対面側の点Bを通り、空気中に抜け出るとする。点Bにおける入射角と屈折角をそれぞれ $r', i'$ とすると、 $i'$ と $r'$ の間にも (28) と同様の関係が成り立つ。入射角 $i$ と頂角 $\beta$ が十分小さいとき、点Bでの屈折角 $i'$ も小さくなる。点Aに入射する光と点Bから出る光の光線のなす角を偏角 $\delta$ と呼ぶことにすると、 $i, i', r, r'$ を用いて  $\delta =$  (29) と表される。ここで $x \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $\sin x \doteq x$ を (28) の関係に用いると、 $\delta$ は $n, r, r'$ を用いて $\delta =$  (a) と表される。三角形OABにおける頂角 $\beta$ と $r, r'$ との間の幾何学的な関係を用いることで、偏角 $\delta$ は $\beta$ と $n$ を用いて $\delta =$  (b) と表すことができ、偏角と頂角の関係式が導かれる。凸レンズは様々な頂角を持つプリズムを薄くして貼り合わせたものと見なすことができ、そのため入射光が凸レンズを通過する場所によって偏角が変化し、光を1点に集めることができる。

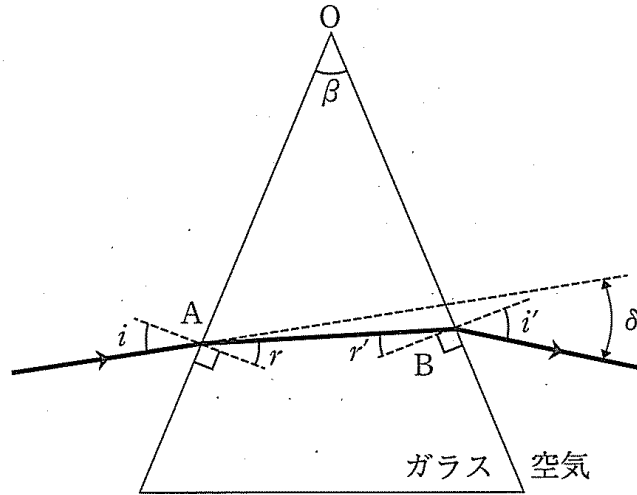


図 3—1

(28)の解答群

- |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $n \sin i = \cos r$ | ② $n \cos i = \sin r$ | ③ $\sin i = n \cos r$ |
| ④ $\cos i = n \sin r$ | ⑤ $n \sin i = \sin r$ | ⑥ $n \cos i = \cos r$ |
| ⑦ $n \tan i = \tan r$ | ⑧ $\sin i = n \sin r$ | ⑨ $\cos i = n \cos r$ |
| ⑩ $\tan i = n \tan r$ |                       |                       |

(29)の解答群

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

以下余白

(II) 図3—2のように焦点距離 $f$ の凸レンズが置かれており、凸レンズの中心を原点 $O$ とし、光軸方向に $x$ 軸、それと垂直な紙面内の方向に $y$ 軸をとる。  
 $x = -a$  (ただし  $f < a \leq 2f$ ) の位置に物体 $CD$ を置くと、物体から出た光がレンズを通った後、レンズから距離 $b$ 離れた位置に実像 $C'D'$ ができる。このとき、 $a$ 、 $b$ および $f$ の間には (30) の関係が成り立つ。また、物体に対する実像の大きさの比(倍率)は (31) で表される。

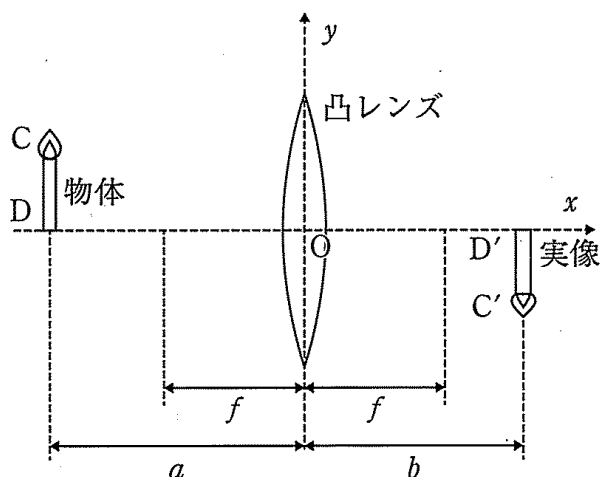


図3—2

(30)の解答群

①  $a^2 + b^2 = f^2$

②  $a^2 - b^2 = f^2$

③  $\frac{a+b}{2} = f$

④  $\frac{a-b}{2} = f$

⑤  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = f$

⑥  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

⑦  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = f$

⑧  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

⑨  $ab = f^2$

⑩  $ab = \frac{1}{f^2}$

(31)の解答群

①  $\frac{f}{a}$

②  $\frac{a}{f}$

③  $\frac{f}{b}$

④  $\frac{b}{f}$

⑤  $\frac{b}{a}$

⑥  $\frac{a}{b}$

⑦  $\frac{b+f}{a+f}$

⑧  $\frac{b-f}{a-f}$

⑨  $\frac{a+f}{b+f}$

⑩  $\frac{a-f}{b-f}$



<余 白>

(Ⅳ) 図3—3のように、焦点距離 $f$ の凸レンズに $x$ 軸の正方向へ光軸に平行な光線を入射する。ただし、座標軸は図3—2と同じようにとるとする。このとき凸レンズを出た光は (32) 。

次に図3—4のように、入射する平行な光線の角度を $y$ 軸の正方向に光軸から $\theta$ だけ変化させる。ただし、座標軸は図3—3と同じようにとり、角度 $\theta$ は十分小さいとする。このとき凸レンズを通過した光線がどこで1点に集中するのかを考えよう。以下の図では、レンズは十分薄いとし、レンズの両面で起きる2回の屈折を省略して、レンズの中心面で1回屈折するように描くことにする。まず、凸レンズ手前の焦点 $P$ を通過した光線1の経路を考える。光線1は点 $P'$ で $y$ 軸を横切り、凸レンズを出た後は (33) 。次に、焦点 $P$ より手前の点 $Q$ で光軸を横切った光線2の経路を考える。点 $Q$ と原点の距離が $a$ (ただし $f < a \leq 2f$ )のとき、光線2は原点から (34) だけ離れた点 $Q'$ で $y$ 軸を横切り、凸レンズを通過した後、原点から $b$ だけ離れた点 $S$ で再び光軸を横切った。このことから、点 $Q$ に物体をおくと点 $S$ に実像ができることがわかる。したがって、 $a$ 、 $b$ および $f$ の間には (30) の関係が成り立つ。一方、凸レンズを出た後、光線1と光線2が交差する点の座標を $(x_0, y_0)$ とする。光線1、光線2、 $x$ 軸、 $y$ 軸などによって形作られる図形の相似の関係を組み合わせると、 $x_0 =$  (35)  $\times b$ が導かれる。この式に (30) を代入することで、凸レンズを出たあと光線1と光線2が交差する点の $x$ 座標は $x_0 =$  (c) と導かれる。また、 $y_0 =$  (d) である。これらの結果より、入射する光線の角度 $\theta$ を増やすと、凸レンズを通過した光線が集中する点の座標は (36) に移動することが分かる。

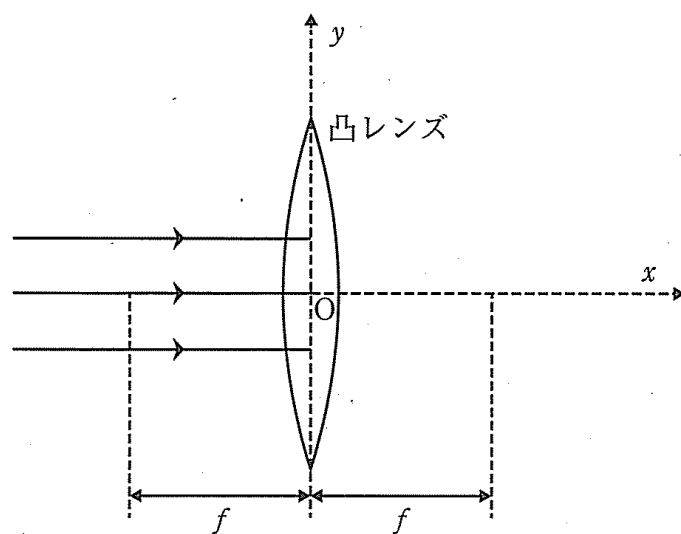


図 3—3

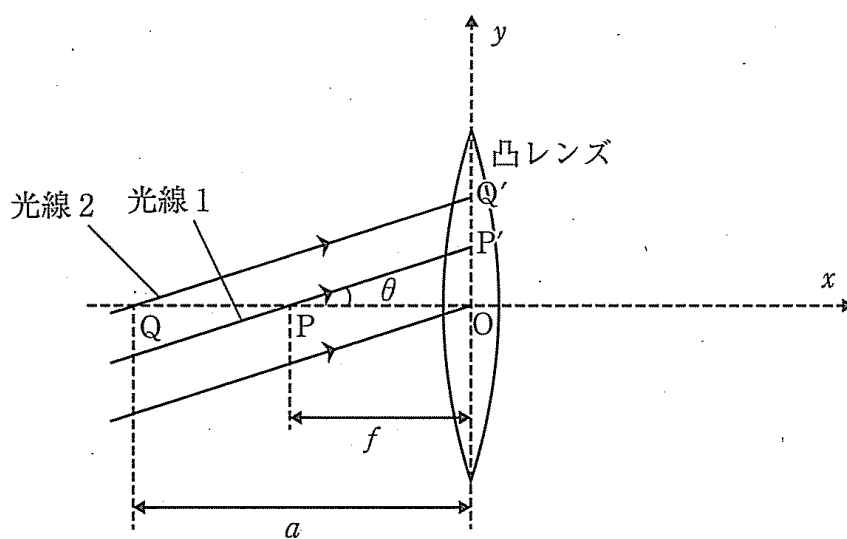


図 3—4

(32)の解答群

- ①  $x$  軸に平行に進み, 1 点に集中しない
- ② 広がって進み, 1 点に集中しない
- ③  $x = \frac{1}{2}f$ ,  $y = 0$  の点に集中する
- ④  $x = f$ ,  $y = 0$  の点に集中する
- ⑤  $x = 2f$ ,  $y = 0$  の点に集中する
- ⑥  $x = 4f$ ,  $y = 0$  の点に集中する

(33)の解答群

- ①  $x$  軸に平行に進む
- ②  $x$  軸から遠ざかる方向へ進む
- ③  $x = \frac{1}{2}f, y = 0$  の点で光軸を横切る
- ④  $x = f, y = 0$  の点で光軸を横切る
- ⑤  $x = 2f, y = 0$  の点で光軸を横切る
- ⑥  $x = 4f, y = 0$  の点で光軸を横切る

(34)の解答群

- ①  $\frac{f}{a}$
- ②  $\frac{a}{f}$
- ③  $\sqrt{f^2 + a^2}$
- ④  $f^2 + a^2$
- ⑤  $f \sin \theta$
- ⑥  $a \sin \theta$
- ⑦  $f \cos \theta$
- ⑧  $a \cos \theta$
- ⑨  $f \tan \theta$
- ⑩  $a \tan \theta$

(35)の解答群

- ①  $\frac{f}{a}$
- ②  $\frac{a}{f}$
- ③  $\frac{f \tan \theta}{a}$
- ④  $\frac{a \tan \theta}{f}$
- ⑤  $\frac{a + f}{a}$
- ⑥  $\frac{a - f}{a}$
- ⑦  $\frac{af}{a + f}$
- ⑧  $\frac{af}{a - f}$
- ⑨  $(a + f) \tan \theta$
- ⑩  $(a - f) \tan \theta$

(36)の解答群

- ①  $x$  軸の正の向き
- ②  $x$  軸の負の向き
- ③  $y$  軸の正の向き
- ④  $y$  軸の負の向き
- ⑤  $x$  軸の正でかつ  $y$  軸の正の向き
- ⑥  $x$  軸の正でかつ  $y$  軸の負の向き
- ⑦  $x$  軸の負でかつ  $y$  軸の正の向き
- ⑧  $x$  軸の負でかつ  $y$  軸の負の向き

問(A) 図3—4の入射光線と焦点距離 $f$ の凸レンズ(レンズ1)はそのままにして、もう一枚の焦点距離 $f$ の凸レンズ(レンズ2)を図3—5に示す位置に配置した。2枚の凸レンズの中心は同一の光軸上にあり、レンズ間の距離は $2f$ であるとする。図3—5の実線で示したように、光線1および2はレンズ1の中心から手前の、それぞれ距離 $f$ および $2f$ の点で光軸を横切るものとする。光線1と光線2が、その後レンズ1を出てから、再び光軸を横切るまでの軌跡を図3—5に描け。なお、レンズは十分薄いとし、レンズ内では光線はレンズの中心面で1回だけ屈折するように略して書くこと。

<余 白>

<余 白>

