

# 医学部 一般・理科

## 《 注 意 事 項 》

1. 解答用紙左部に氏名、フリガナ、その下部に受験番号を記入し、例にならって○にマークしなさい。

(例) 受験番号10001の場合

フリガナ	
氏名	

受験番号				
万	千	百	十	一
1	0	0	0	1
	●	●	●	○
●	①	①	①	●
②	②	②	②	②
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

2. 出題科目、ページ及び選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～15	左の3科目のうちから2科目を選択し、解答しなさい。解答する科目の順番は問いません。解答時間（120分）の配分は自由です。
化 学	16～27	
生 物	28～40	

3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
4. 2枚の解答用紙のそれぞれの解答科目欄に、解答する科目のいずれか1つをマークしなさい。
5. 解答方法は次のとおりです。

(1) 次の例にならって解答用紙の解答欄にマークしなさい。

(例) 問1 東北医科薬科大学のある都市は次のうちどれか。

- ① 札幌市 ② 青森市 ③ 秋田市 ④ 山形市 ⑤ 盛岡市  
⑥ 福島市 ⑦ 水戸市 ⑧ 新潟市 ⑨ 東京都 ⑩ 仙台市

⑩と解答する場合は解答用紙の⑩をマークしなさい。

解答番号	解 答 欄										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	●	⑩


この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

- (2)  に数字「8」、 に数字「0」と答える時は次のとおりマークしなさい。

6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩	⑪
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	●

/  のように分数形で解答する場合は、既約分数(それ以上約分できない分数)で答えなさい。 /  に  $3/4$  と答える時は次のとおりマークしなさい。

8	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
9	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪

- (3) 解答の作成にはH、F、HBの黒鉛筆を使用し、○の中を塗りつぶしなさい。シャープペンシル等、黒鉛筆以外のものを使用した場合には、解答が読み取れず、採点できない場合があります。
- (4) 答えを修正する場合は、プラスチック製の消しゴムであとが残らないように**完全に消しなさい**。鉛筆のあとが残ったり、のような消し方などした場合は、修正または解答したことにならないので注意しなさい。
- (5) 解答用紙は折り曲げたり、メモやチェック等で汚したりしないよう、特に注意しなさい。

(試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。)

物 理

## 問題訂正

### 物 理

1 ページ

【I】 問1

(訂正前) 角速度  $\omega$

(訂正後) 角速度の大きさ  $\omega$

【 I 】

図1に示す質量  $m$  の小球の水平面内の運動を考える。小球は伸び縮みしない長さ  $r$  のひもで原点  $O$  とつなわれ、時刻  $t = 0$  において、 $y$  軸上の  $y = r$  の点から  $x$  軸の正の方向に速さ  $v$  で打ち出された。

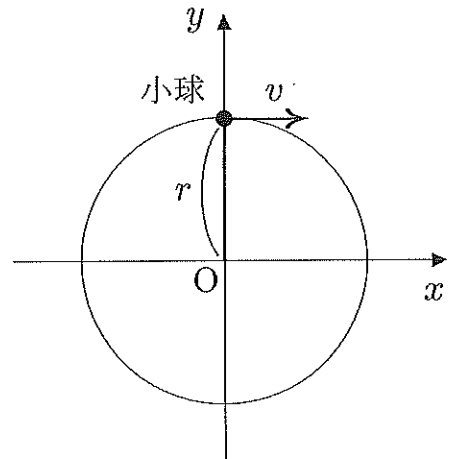


図 1

問 1 小球に摩擦が働かないとき、時刻  $t$  における小球の  $x$  座標は角速度  $\omega =$   を用いて  $x =$   と表すことができる。

の解答群

- ①  $\frac{r}{v}$    ②  $\frac{2\pi r}{v}$    ③  $\frac{4\pi^2 r}{v}$    ④  $\frac{r}{2\pi v}$   
 ⑤  $\frac{v}{r}$    ⑥  $\frac{2\pi v}{r}$    ⑦  $\frac{4\pi^2 v}{r}$    ⑧  $\frac{v}{2\pi r}$

の解答群

- ①  $r \cos(\omega t)$    ②  $r \sin(\omega t)$    ③  $r \cos(\pi \omega t)$    ④  $r \sin(\pi \omega t)$   
 ⑤  $r \cos\left(\frac{\omega t}{\pi}\right)$    ⑥  $r \sin\left(\frac{\omega t}{\pi}\right)$    ⑦  $r \cos\left(\frac{\pi t}{\omega}\right)$    ⑧  $r \sin\left(\frac{\pi t}{\omega}\right)$

問 2 このとき、小球がひもから受ける力の  $x$  成分  $F_x$  は  であり、 $F_x = -kx$  と置き換えて  $x$  方向の運動方程式を表したとき  $\omega =$   の関係式が成り立つ。

の解答群

- ①  $mrv^2 \cos(\omega t)$    ②  $mrv^2 \sin(\omega t)$    ③  $-mrv^2 \cos(\pi \omega t)$    ④  $-mrv^2 \sin(\pi \omega t)$   
 ⑤  $-mrv^2 \cos(\omega t)$    ⑥  $-mrv^2 \sin(\omega t)$    ⑦  $mrv^2 \cos(\pi \omega t)$    ⑧  $mrv^2 \sin(\pi \omega t)$

の解答群

- ①  $\sqrt{\frac{m}{k}}$    ②  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$    ③  $\sqrt{\frac{k}{m}}$    ④  $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$    ⑤  $\frac{m}{k}$    ⑥  $2\pi\frac{m}{k}$

次に、図2に示す上端が固定されたばね(ばね定数  $k$ ) につながれた回転しないおもり台とおもりの鉛直方向の直線運動を考える。質量  $m$  のおもりは複数あり、重力加速度は  $g$  とする。摩擦や空気抵抗の影響はなく、おもりとおもり台以外の質量は無視できるものとして以下の問いに答えよ。ただし、鉛直方向の座標  $z$  は下向きを正とし、ばねに質量  $m$  のおもり台を取り付けたときのつり合いの位置を  $z$  軸の原点とする。

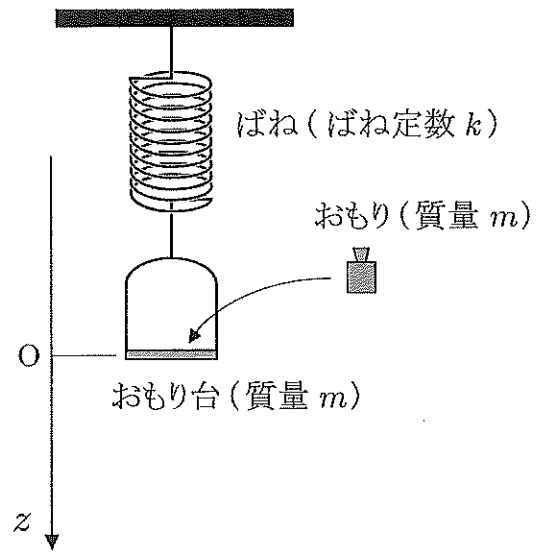


図2

問3 平衡点の位置  $z = 0$  に静止している質量  $m$  のおもり台に、質量  $m$  の1つめのおもりを静かにのせると、おもり台は滑らかに降下し、おもり台の速さ  $v$  は時刻  $t_1$  で極大値  をとり、その後、単調に減少して時刻  $t_2$  で  $v = 0$  になった。 $t_2 - t_1$  は  である。

の解答群

- ①  $g\sqrt{\frac{m}{2k}}$    ②  $g\sqrt{\frac{m}{k}}$    ③  $g\sqrt{\frac{2m}{k}}$    ④  $2g\sqrt{\frac{m}{k}}$    ⑤  $\sqrt{\frac{k}{2m}}$    ⑥  $g\sqrt{\frac{k}{2m}}$    ⑦  $g\sqrt{\frac{k}{m}}$   
 ⑧  $g\sqrt{\frac{2k}{m}}$    ⑨  $2g\sqrt{\frac{k}{m}}$

の解答群

- ①  $\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$    ②  $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$    ③  $\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$    ④  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$    ⑤  $2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$   
 ⑥  $\pi\sqrt{\frac{k}{2m}}$    ⑦  $\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$    ⑧  $\pi\sqrt{\frac{2k}{m}}$    ⑨  $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$

問4 その後、おもり台の速さ  $v$  は再び増加し、極大値をとった後に単調に減少して時刻  $t_3$  で再度  $v = 0$  になった。この瞬間に、おもり台に2つめのおもり (質量  $m$ ) を静かにのせた。おもり台は速やかに降下し、時刻  $t_4$  で  $v$  は極大値 7 をとり、その後、単調に減少して時刻  $t_5$  で再び  $v = 0$  になった。時刻  $t_5$  のときのおもり台の位置  $z$  は 8 である。ここで、 $v_1$  は時刻  $t_1$  のときのおもり台の速さとする。

7 の解答群

- ①  $\sqrt{2}v_1$    ②  $\frac{3}{2}v_1$    ③  $\sqrt{\frac{3}{2}}v_1$    ④  $2v_1$    ⑤  $\frac{1}{2}v_1$    ⑥  $\frac{1}{\sqrt{2}}v_1$    ⑦  $\sqrt{\frac{2}{3}}v_1$    ⑧  $2\sqrt{\frac{2}{3}}v_1$

8 の解答群

- ①  $\frac{mg}{k}$    ②  $\frac{3mg}{2k}$    ③  $\frac{2mg}{k}$    ④  $\frac{5mg}{2k}$    ⑤  $\frac{4mg}{k}$    ⑥  $\frac{9mg}{2k}$    ⑦  $\frac{5mg}{k}$   
 ⑧  $\frac{6mg}{k}$    ⑨  $\frac{2\sqrt{2}mg}{k}$

問5 時刻  $t_5$  において3つめのおもり (質量  $m$ ) を静かにのせると、おもり台は単調に移動し、その速さ  $v$  は極大値をとった後、単調に減少して時刻  $t_6$  で再び0になった。時刻  $t_6$  のときのおもり台の位置  $z$  は 9 である。

9 の解答群

- ① 0   ②  $\frac{mg}{2k}$    ③  $\frac{mg}{k}$    ④  $\frac{3mg}{2k}$    ⑤  $\frac{2mg}{k}$    ⑥  $\frac{5mg}{2k}$    ⑦  $\frac{3mg}{k}$   
 ⑧  $\frac{7mg}{k}$    ⑨  $\frac{8mg}{k}$

問6 時刻  $t_6$  においてさらに4つめのおもり (質量  $m$ ) を静かにのせると、おもり台は再び降下し、時刻  $t_7$  において最下点に到達してその速さ  $v$  が0になった。このときのおもり台の位置  $z$  は 10 である。

10 の解答群

- ①  $\frac{3mg}{2k}$    ②  $\frac{2mg}{k}$    ③  $\frac{5mg}{2k}$    ④  $\frac{3mg}{k}$    ⑤  $\frac{4mg}{k}$    ⑥  $\frac{5mg}{k}$    ⑦  $\frac{6mg}{k}$   
 ⑧  $\frac{7mg}{k}$    ⑨  $\frac{8mg}{k}$

問7 時刻  $t_7$  において、4つめのおもりだけをそと取り除くと、おもり台と3つのおもりはともに単調に上昇し、時刻  $t_8$  で再び  $v = 0$  になった。時刻  $t_8$  のときのおもり台の位置  $z$  は  である。

の解答群

- ①  $-\frac{mg}{k}$    ②  $-\frac{mg}{2k}$    ③  $0$    ④  $\frac{mg}{2k}$    ⑤  $\frac{mg}{k}$    ⑥  $\frac{3mg}{2k}$    ⑦  $\frac{2mg}{k}$   
 ⑧  $\frac{3mg}{k}$    ⑨  $\frac{4mg}{k}$

問8 一つめのおもりをおもり台にのせてから時刻  $t_8$  までの操作を、図3に示すばね定数  $k$  の同じばねを2本直列につなげた装置で再度行った。この一連の過程に要する時間は、ばねが1本のと比べて  倍になり、おもり台の速さ  $v$  の最大値は、ばねが1本のと比べて  倍になる。

,  の解答群

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

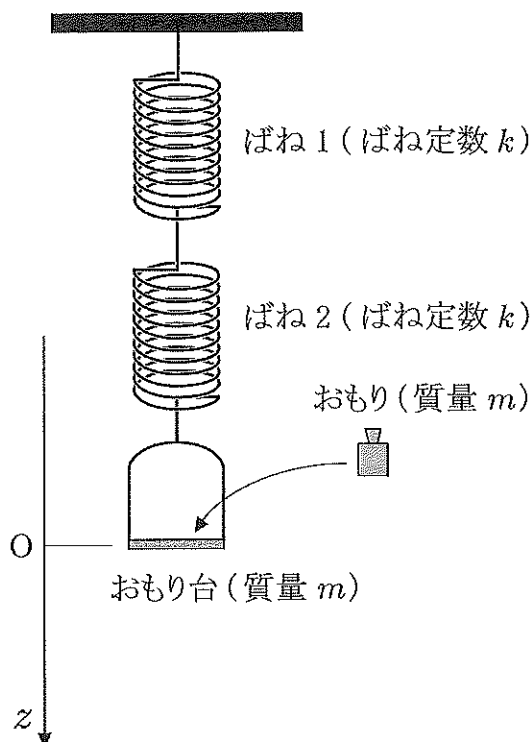


図3



【 II 】

図1のように、起電力が  $E_1$  と  $E_2$  の内部抵抗のない2つの電池、抵抗値  $r_1$  の抵抗と抵抗値  $r_2$  の抵抗および非直線抵抗、電気容量  $C$  のコンデンサー、そして2個のスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  からなる回路がある。非直線抵抗の電圧  $V$  と電流  $I$  の関係は図2に示すように  $V = \alpha I^2$  ( $\alpha > 0$ ) で与えられる。以下では、 $E_1 > E_2$  かつ  $r_1^2 > 4\alpha(E_1 - E_2)$  が成り立つとする。始めスイッチ  $S_1$  と  $S_2$  は開いており、コンデンサーの電荷（電気量）はゼロであった。抵抗値  $r_1$  の抵抗を流れる電流  $I_1$ 、スイッチ  $S_2$  を流れる電流  $I_2$  は図1に示す矢印の向きを正とする。以下の問いに答えなさい。

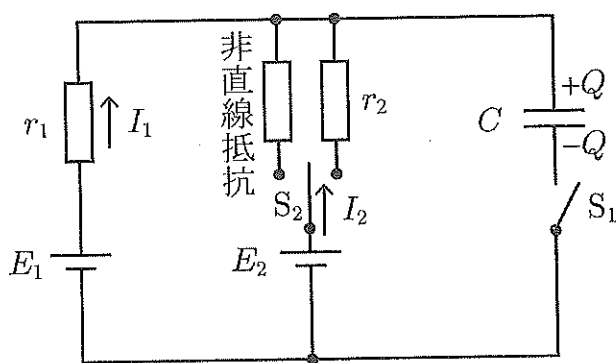


図1

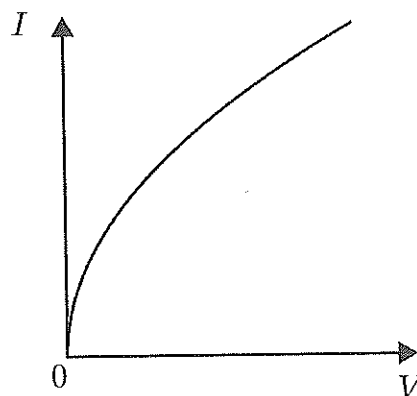


図2

問1 スイッチ  $S_1$  を閉じた閉回路について、コンデンサーの両極の電荷の大きさを  $Q$  としたとき、 $E_1$  および  $I_1 = \Delta Q / \Delta t$  ( $Q$  の変化率) の満たす式は 14 である。また、スイッチ  $S_1$  を閉じた直後の電流  $I_1$  は 15 である。

14 の解答群

①  $E_1 + r_1 I_1 = -\frac{Q}{C}$     ②  $E_1 + r_1 I_1 = \frac{Q}{C}$     ③  $E_1 - r_1 I_1 = -\frac{Q}{C}$

④  $E_1 - r_1 I_1 = \frac{Q}{C}$

15 の解答群

①  $\frac{E_1}{r_1}$     ② 0    ③  $-\frac{E_1}{r_1}$     ④  $\frac{E_1}{2r_1}$     ⑤  $-\frac{E_1}{2r_1}$     ⑥  $\frac{2E_1}{r_1}$     ⑦  $-\frac{2E_1}{r_1}$

問2 問い1において、十分に時間が経過したとき、電流  $I_1$  は 16 である。また、コンデンサーに充電された電荷の大きさ  $Q$  は 17 である。

16 , 17 の解答群

- ①  $CE_1$       ②  $\frac{E_1}{r_1}$       ③  $-\frac{E_1}{r_1}$       ④  $\frac{E_1}{2r_1}$       ⑤  $-\frac{E_1}{2r_1}$   
 ⑥ 0      ⑦  $\frac{1}{2}CE_1$

問3 問い2において、スイッチ  $S_1$  を開いてスイッチ  $S_2$  を非直線抵抗の位置につないだ。直後に、スイッチ  $S_2$  に流れる電流  $I_2$  は 18 である。

18 の解答群

- ①  $r_1 - \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}$       ②  $\frac{-r_1 - \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}}{2\alpha}$   
 ③  $\frac{r_1 + \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}}{2\alpha}$       ④  $r_1 + \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}$   
 ⑤  $-r_1 + \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}$       ⑥  $-r_1 - \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}$   
 ⑦  $\frac{r_1 - \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}}{2\alpha}$       ⑧  $\frac{-r_1 + \sqrt{r_1^2 - 4\alpha(E_1 - E_2)}}{2\alpha}$

問4 ここでスイッチ  $S_2$  を抵抗値  $r_2$  の抵抗の位置につないだ。さらにスイッチ  $S_1$  を閉じるとコンデンサーに蓄えられていた電荷の大きさ  $Q$  は変化した。スイッチ  $S_1$  を閉じた時刻を  $t = 0$  とする。ここで回路全体について  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \boxed{19}$  および  $\boxed{20}$  が成り立つ。

$\boxed{19}$  の解答群

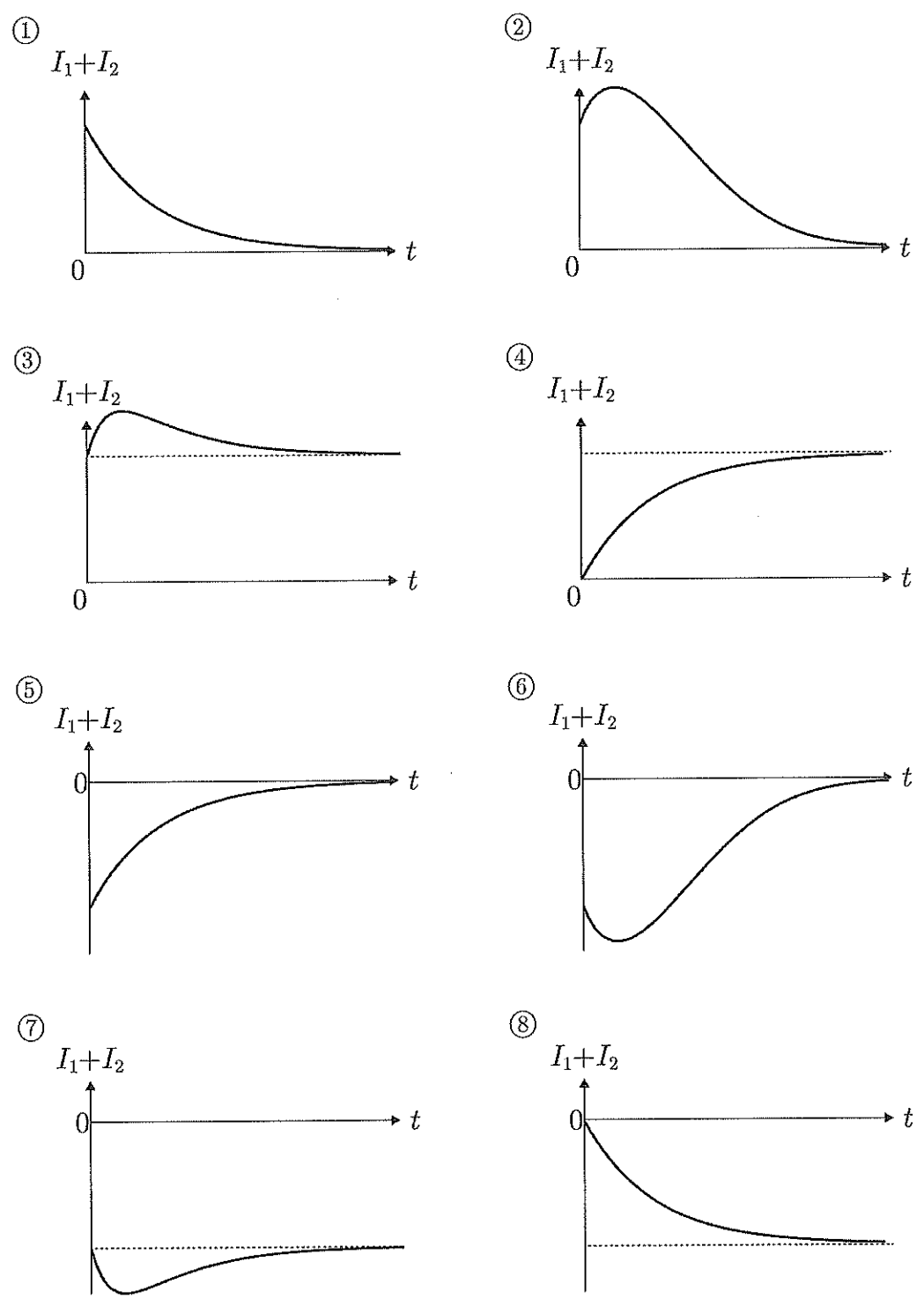
- |                |                |                 |                 |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| ① $-I_1 + I_2$ | ② $I_1 - I_2$  | ③ $I_1 + I_2$   | ④ $-I_1 - I_2$  |
| ⑤ $I_1 + 2I_2$ | ⑥ $2I_1 + I_2$ | ⑦ $-I_1 - 2I_2$ | ⑧ $-2I_1 - I_2$ |

$\boxed{20}$  の解答群

- |                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| ① $E_1 = -r_1 I_1 + \frac{Q}{C},$ | $E_2 = -r_2 I_2 + \frac{Q}{C}$ |
| ② $E_1 = r_1 I_1 + \frac{Q}{C},$  | $E_2 = r_2 I_2 + \frac{Q}{C}$  |
| ③ $E_1 = r_1 I_1 + \frac{Q}{C},$  | $E_2 = -r_2 I_2 + \frac{Q}{C}$ |
| ④ $E_1 = r_2 I_2 - \frac{Q}{C},$  | $E_2 = -r_2 I_2 + \frac{Q}{C}$ |
| ⑤ $E_1 = -r_1 I_1 + \frac{Q}{C},$ | $E_2 = r_2 I_2 + \frac{Q}{C}$  |
| ⑥ $E_1 = r_1 I_1 - \frac{Q}{C},$  | $E_2 = r_1 I_1 + \frac{Q}{C}$  |
| ⑦ $E_1 = r_1 I_1 - \frac{Q}{C},$  | $E_2 = r_2 I_2 - \frac{Q}{C}$  |
| ⑧ $E_1 = -r_1 I_1 - \frac{Q}{C},$ | $E_2 = -r_2 I_2 - \frac{Q}{C}$ |

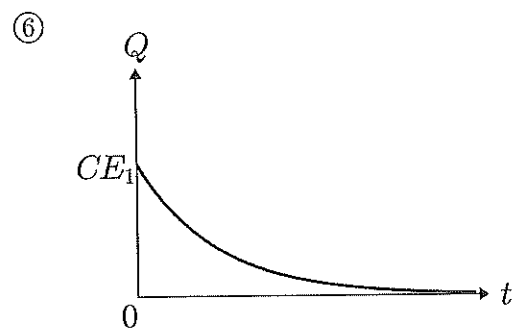
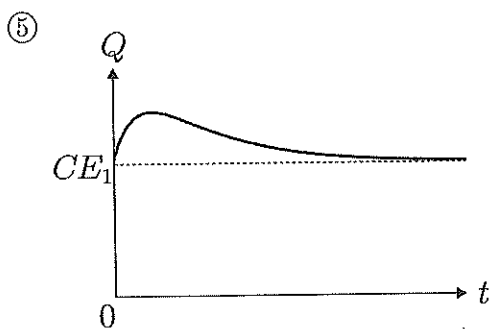
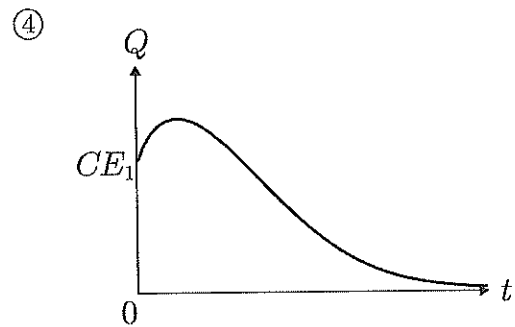
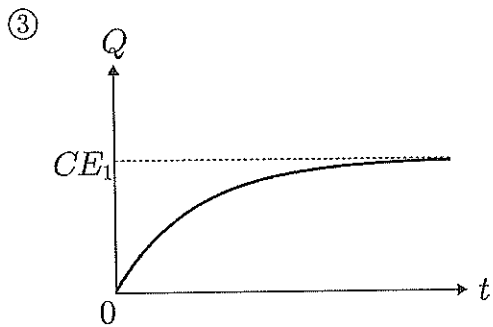
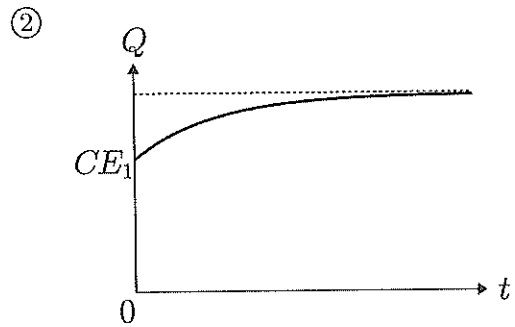
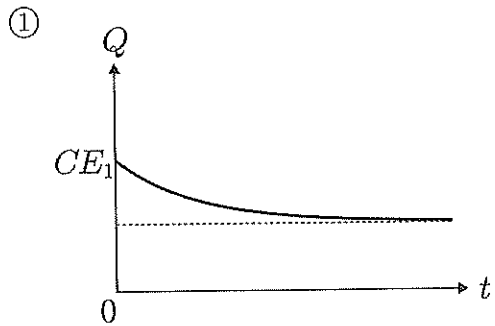
問5 電流  $I_1 + I_2$  の時間変化を表すグラフとして正しいのは 21 である。

21 の解答群



問6 コンデンサーに充電された電荷の大きさ  $Q$  の時間変化を表すグラフとして正しいのは 22 である。

22 の解答群



問7 スイッチ  $S_1$  を閉じてから十分に時間が経過したときのコンデンサーに蓄えられている電荷の大きさ  $Q$  は 23 である。

23 の解答群

- ①  $CE_1$     ②  $C \frac{r_1 E_1 + r_2 E_2}{r_1 + r_2}$     ③  $\frac{r_1 E_2 + r_2 E_1}{C(r_1 + r_2)}$     ④  $\frac{r_1 E_1 + r_2 E_2}{C(r_1 + r_2)}$   
⑤  $CE_2$     ⑥  $C \frac{r_1 E_2 + r_2 E_1}{r_1 + r_2}$

問8 問7で得られた  $Q$  の式についての以下の説明文で正しいものは 24 である。

24 の解答群

- ①  $r_1, r_2$  の大小に関係なく、十分に時間が経過しているため  $Q \equiv CE_2$  が成り立つ。
- ②  $r_1 \gg r_2$  の場合、抵抗  $r_1$  の部分は断線しているとみなせるので  $Q \equiv CE_1$  が成り立つ。 $r_2 \gg r_1$  の場合、抵抗  $r_2$  の部分は断線しているとみなせるので  $Q \equiv CE_2$  が成り立つ。
- ③  $r_1 \gg r_2$  の場合、抵抗  $r_2$  の部分は導線とみなせるので  $Q \equiv CE_2$  が成り立つ。 $r_2 \gg r_1$  の場合、抵抗  $r_1$  の部分は導線とみなせるので  $Q \equiv CE_1$  が成り立つ。
- ④  $r_1, r_2$  の大小に関係なく、充電されたときの電圧がコンデンサーにかかっているため  $Q \equiv CE_1$  が成り立つ。

【 III 】

「空間の1点Pから出て他点Qに達する光は、所要時間が最小となる経路をたどる」というフェルマーの原理から光の反射・屈折の法則を導くことができる。このことについて以下の問いに答えよ。必要であれば、 $|x| \ll 1$ のとき、 $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$ と近似できることを用いてよい。真空中の光の速さは $c$ とする。

はじめに、図1のように、 $xy$ 平面内で、屈折率 $n_1$ の媒質内の点Pから出た光が平面鏡 $MM'$ 上の点Aで反射し、点Qに到達した場合について反射の法則を導く。ただし、 $PA=l_1$ 、 $AQ=l_2$ とおき、PAおよびAQが $y$ 軸となす角度をそれぞれ $\theta_1$ 、 $\theta_2$ とする。

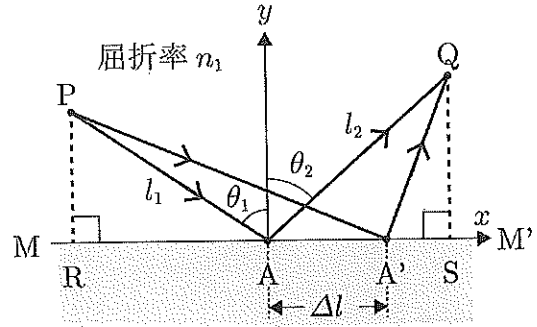


図1

問1 点Pから出た光が経路PAQを通り

点Qに到達するまでの所要時間 $t_{PAQ}$ は  で与えられる。

の解答群

- ①  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 + l_2)$       ②  $\frac{n_1}{c}(l_1 + l_2)$       ③  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 - l_2)$       ④  $\frac{n_1}{c}(l_1 - l_2)$   
 ⑤  $\frac{1}{n_1 c}(l_2 - l_1)$       ⑥  $\frac{n_1}{c}(l_2 - l_1)$

問2  $x$ 軸上において、点Aからわずかに $\Delta l$ だけずれた点 $A'$ を考える。2つの直角三角形、PARと $PA'R$ に着目すると $PA' = \left( \text{input type="text" value="26"} \right)^{\frac{1}{2}}$ と求められる。

の解答群

- ①  $l_1^2 + 2l_1 \Delta l \sin \theta_1 - \Delta l^2$       ②  $l_1^2 - 2l_1 \Delta l \sin \theta_1 - \Delta l^2$   
 ③  $l_1^2 + 2l_1 \Delta l \cos \theta_1 - \Delta l^2$       ④  $l_1^2 - 2l_1 \Delta l \cos \theta_1 - \Delta l^2$   
 ⑤  $l_1^2 + 2l_1 \Delta l \sin \theta_1 + \Delta l^2$       ⑥  $l_1^2 - 2l_1 \Delta l \sin \theta_1 + \Delta l^2$   
 ⑦  $l_1^2 + 2l_1 \Delta l \cos \theta_1 + \Delta l^2$       ⑧  $l_1^2 - 2l_1 \Delta l \cos \theta_1 + \Delta l^2$

問3  $PA'$ は、 $\left| \frac{\Delta l}{l_1} \right| \ll 1$ であることを用い、また $\Delta l^2$ を含む項は小さいとして無視すると  と近似できる。

の解答群

- ①  $l_1 + \Delta l \cos \theta_1$       ②  $l_1 - \Delta l \cos \theta_1$       ③  $l_1 + \Delta l \sin \theta_1$       ④  $l_1 - \Delta l \sin \theta_1$

問4 点Pから出た光が経路PA'Qを通り点Qに到達するまでの所要時間 $t_{PA'Q}$ は、A'Qを問い2、問い3と同様に求めると 28 と近似できる。

28 の解答群

- |                                                                                |                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ① $\frac{n_1}{c}(l_1 + \Delta l \cos \theta_1 + l_2 - \Delta l \cos \theta_2)$ | ② $\frac{1}{n_1 c}(l_1 + \Delta l \cos \theta_1 + l_2 - \Delta l \cos \theta_2)$ |
| ③ $\frac{n_1}{c}(l_1 - \Delta l \cos \theta_1 + l_2 + \Delta l \cos \theta_2)$ | ④ $\frac{1}{n_1 c}(l_1 - \Delta l \cos \theta_1 + l_2 + \Delta l \cos \theta_2)$ |
| ⑤ $\frac{n_1}{c}(l_1 + \Delta l \sin \theta_1 + l_2 - \Delta l \sin \theta_2)$ | ⑥ $\frac{1}{n_1 c}(l_1 + \Delta l \sin \theta_1 + l_2 - \Delta l \sin \theta_2)$ |
| ⑦ $\frac{n_1}{c}(l_1 - \Delta l \sin \theta_1 + l_2 + \Delta l \sin \theta_2)$ | ⑧ $\frac{1}{n_1 c}(l_1 - \Delta l \sin \theta_1 + l_2 + \Delta l \sin \theta_2)$ |

問5  $t_{PA'Q}$ と $t_{PAQ}$ の差、 $t_{PA'Q} - t_{PAQ}$ を $\Delta t$ とおく。PAQが所要時間最小の経路である場合、 $\Delta l$ の変化に対して、 $\Delta t = 0$ となる。この条件を満たすのは 29 のときである。

29 の解答群

- |                               |                                         |                                         |
|-------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| ① $\theta_1 = \theta_2$       | ② $\theta_1 = \theta_2 + \frac{\pi}{2}$ | ③ $\theta_1 = \theta_2 - \frac{\pi}{2}$ |
| ④ $\theta_1 = \theta_2 + \pi$ | ⑤ $\theta_1 = \theta_2 - \pi$           |                                         |



次に、図2のように、 $xy$ 平面内で、屈折率  $n_1$  の媒質中の点  $P$  から出た光が点  $A$  において屈折率  $n_2$  の媒質中に入射し、点  $Q$  に到達した場合について屈折の法則を導く。ただし  $n_1 < n_2$  とし、 $PA = l_1$ 、 $AQ = l_2$  とおく。また  $PA$  および  $AQ$  が  $y$  軸となす角度をそれぞれ  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  とする。

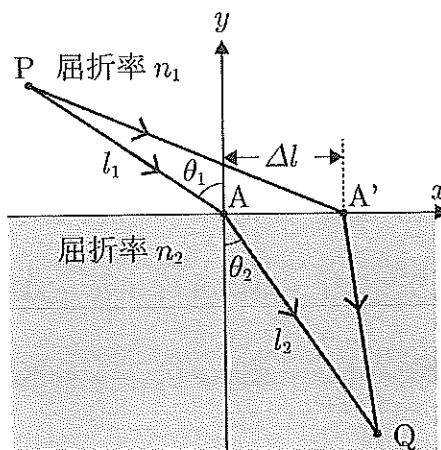


図2

問6  $x$  軸上において、点  $A$  からわずかに  $\Delta l$  だけずれた点を  $A'$  とする。点  $P$  から出た光が経路  $PA'Q$  を通り点  $Q$  に到達するまでの所要時間  $t_{PA'Q}$  は、問4と同様に考えると  と近似できる。

の解答群

- ①  $\frac{n_1}{c}(l_1 + \Delta l \sin \theta_1) + \frac{n_2}{c}(l_2 - \Delta l \sin \theta_2)$     ②  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 + \Delta l \sin \theta_1) + \frac{1}{n_2 c}(l_2 - \Delta l \sin \theta_2)$   
 ③  $\frac{n_1}{c}(l_1 - \Delta l \sin \theta_1) + \frac{n_2}{c}(l_2 + \Delta l \sin \theta_2)$     ④  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 - \Delta l \sin \theta_1) + \frac{1}{n_2 c}(l_2 + \Delta l \sin \theta_2)$   
 ⑤  $\frac{n_1}{c}(l_1 + \Delta l \cos \theta_1) + \frac{n_2}{c}(l_2 - \Delta l \cos \theta_2)$     ⑥  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 + \Delta l \cos \theta_1) + \frac{1}{n_2 c}(l_2 - \Delta l \cos \theta_2)$   
 ⑦  $\frac{n_1}{c}(l_1 - \Delta l \cos \theta_1) + \frac{n_2}{c}(l_2 + \Delta l \cos \theta_2)$     ⑧  $\frac{1}{n_1 c}(l_1 - \Delta l \cos \theta_1) + \frac{1}{n_2 c}(l_2 + \Delta l \cos \theta_2)$

問7 点  $P$  から出た光が経路  $PAQ$  を通り点  $Q$  に到達するまでの所要時間を  $t_{PAQ}$  とおく。 $PAQ$  が所要時間最小の経路である場合、 $\Delta l$  の変化に対して、 $t_{PA'Q} - t_{PAQ} \doteq 0$  となる。これを満たすのは  のときである。

の解答群

- ①  $\frac{\cos \theta_1}{n_1} = -\frac{\cos \theta_2}{n_2}$     ②  $n_1 \cos \theta_1 = -n_2 \cos \theta_2$     ③  $\frac{\cos \theta_1}{n_1} = \frac{\cos \theta_2}{n_2}$   
 ④  $n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$     ⑤  $\frac{\sin \theta_1}{n_1} = -\frac{\sin \theta_2}{n_2}$     ⑥  $n_1 \sin \theta_1 = -n_2 \sin \theta_2$   
 ⑦  $\frac{\sin \theta_1}{n_1} = \frac{\sin \theta_2}{n_2}$     ⑧  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

最後に、光が球面で屈折する場合の公式を導く。図3のように、光軸AOBに近い部分では、中心が点Cである半径 $R$ の球面を境界とし、屈折率 $n_1$ の媒質中の点Aにある点光源から出た光が屈折率 $n_2$ の媒質中の点Bにおいて像を結ぶとする。ここで点Pは、光軸に十分に近い境界面上の点であり、 $AP = a$ 、 $PB = b$ 、点Pから光軸に下ろした垂線の足をHとして、 $PH = h$ とおく。また、 $n_1 < n_2$ とする。

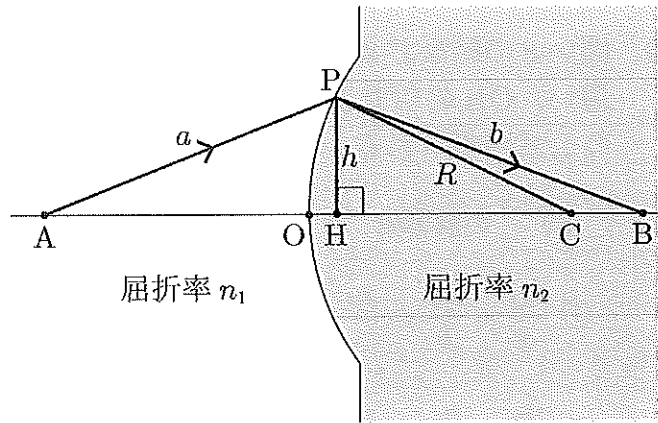


図3

このとき、点Aから点Bまでの所要時間が最小になる光の経路の一つは、AOBである。ここで、点Pを通る光の経路、APBも同じ所要時間になるためには、

$$n_1 AP + n_2 PB = n_1 AO + n_2 OB \quad (1)$$

が成り立つ必要がある。

問8 図3において、 $OC = R$ であること、および点Pが光軸に十分に近く、 $h \ll a$ 、 $h \ll b$ 、 $h \ll R$ であることを用いると、 $AP - AH \doteq$  ,  $PB - HB \doteq$  ,  $OH = OC - HC \doteq$   とそれぞれ近似できる。

~  の解答群

- |                   |                    |                   |                    |                    |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{h}{2}$   | ② $\frac{a}{2}$    | ③ $\frac{h^2}{a}$ | ④ $\frac{h^2}{2a}$ | ⑤ $\frac{b}{2}$    |
| ⑥ $\frac{h^2}{b}$ | ⑦ $\frac{h^2}{2b}$ | ⑧ $\frac{R}{2}$   | ⑨ $\frac{h^2}{R}$  | ⑩ $\frac{h^2}{2R}$ |

問9 問い8の結果および,  $AO = AH - OH$ ,  $OB = HB + OH$ という関係を(1)式に用い,  $OH$ の項でまとめることにより, 球面で屈折する光に対して 35 という公式が得られる。

35 の解答群

$$\textcircled{1} \frac{n_2}{a} - \frac{n_1}{b} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad \textcircled{2} \frac{n_1}{a} - \frac{n_2}{b} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad \textcircled{3} \frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_1 - n_2}{R}$$

$$\textcircled{4} \frac{n_2}{a} - \frac{n_1}{b} = \frac{n_1 + n_2}{R} \quad \textcircled{5} \frac{n_1}{a} - \frac{n_2}{b} = \frac{n_1 + n_2}{R} \quad \textcircled{6} \frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_1 + n_2}{R}$$

$$\textcircled{7} \frac{n_2}{a} - \frac{n_1}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \textcircled{8} \frac{n_1}{a} - \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \textcircled{9} \frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

問10 ヒトの眼球において, 十分に遠いところにある点光源からの光が網膜上で像を結んでいる場合を考えると, 図3において,  $R = 5.5$  [mm],  $n_1 = 1.0$ ,  $n_2 = 4/3$ と近似することができる。このとき, 光軸上での, 眼球表面から網膜までの距離は 36 . 37  $\times 10^1$  [mm] と求められる (36, 37 には数字 (0 ~ 9) で答えよ)。