

物 理

解答範囲は、解答番号  から  までです。

I 次の文章を読んで、後の問い(問1~問8)に答えなさい。

図 I-1 に示すように、水平な床の上にそれぞれ質量が  $M$  [kg] と  $m$  [kg] の物体 1 と物体 2 が接触して置かれている。自然長  $\ell$  [m]、ばね定数  $k$  [N/m] の質量が無視できるばねの左端を壁につなぎ、右端を物体 1 につなぐ。物体 2 は物体 1 の右側にある。水平右向きに  $x$  軸をとり、ばねが自然長であるときの物体 1 の位置を  $x$  軸の原点  $O$  とする。物体の速度や加速度、および力は  $x$  軸の正に向く場合を正とする。物体 1 と床の間には摩擦力ははたらかない。物体 2 と床の間には摩擦力がはたらき、静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu' (< \mu)$  とする。物体 1 と物体 2 は  $x$  軸上を運動し、大きさは無視できるとする。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、空気抵抗は考えない。

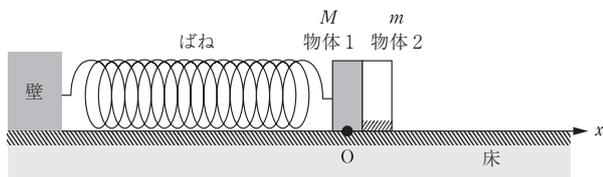


図 I-1

$x = [5 - A]$ 、周期が  $T = [5 - B]$  [s] の単振動と同じ運動方程式となる。また、物体 1 と物体 2 は一緒に運動しており、物体 1 の位置が  $x$  であるときに、物体 1 と物体 2 の間にはたらく力の大きさは  $F = [6]$  となる。物体 1 が点 B と点 C にそれぞれ位置するときにばねにたくわえられる位置エネルギーと、運動中に摩擦力がした仕事の関係から、 $\frac{k}{2}(s_B^2 - s_C^2) = [7 - A]$  が成り立つことがわかる。ここで、振動の中心を点 D とすると、点 B, C, D の位置関係は  $[7 - B]$  のようになる。

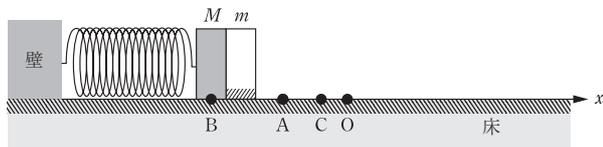


図 I-3

次に、図 I-4 のように物体 1 と物体 2 を接触させたまま点 B よりさらに左に動かし静かに手をはなすと、物体 1 と物体 2 は一緒に運動し、速さが 0 [m/s] になる前に、物体 1 が原点  $O$  の右側の点 E の位置に達したとき、物体 2 が物体 1 からはなれた。物体 1 と物体 2 の間にはたらく力の大きさ  $F$  が 0 [N] になるときに物体 1 と物体 2 ははなれるので、原点  $O$  と点 E の間の距離は  $s_E = [8]$  [m] となる。

図 I-2 のように物体 1 と物体 2 を接触させたまま左に動かし、物体 1 が点 A の位置で静かに手をはなすと物体 1 と物体 2 は静止した。点 A と原点  $O$  の間の距離は  $s_A$  [m] である。このとき、ばねから物体 1 にはたらく力の大きさは  $[1 - A]$  [N] であり、 $[1 - B]$  という関係が成り立つ。

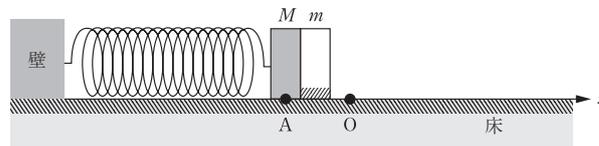


図 I-2

次に、図 I-3 のように物体 1 と物体 2 を接触させたまま左に動かし、物体 1 が点 B の位置で静かに手をはなすと、物体 1 と物体 2 は接触したまま一緒に運動し、物体 1 が点 A と原点  $O$  の間の点 C の位置ではじめて静止した。点 B と原点  $O$  の間の距離は  $s_B$  [m] ( $> s_A$ )、点 C と原点  $O$  の間の距離は  $s_C$  [m] ( $< s_A$ ) である。物体 1 と物体 2 が運動している間の物体 1 の加速度を  $a_1$  [m/s<sup>2</sup>]、物体 2 の加速度を  $a_2$  [m/s<sup>2</sup>]、物体 1 の位置を  $x$  [m] とし、物体 1 と物体 2 の間にはたらく  $x$  方向の力の大きさを  $F$  [N] とすると、物体 1 の運動方程式は  $Ma_1 = [2]$ 、物体 2 の運動方程式は  $ma_2 = [3]$  となる。物体 1 と物体 2 が一緒に運動しているのだから、物体 1 と物体 2 の加速度は同じ加速度  $a_1 = a_2 = a$  [m/s<sup>2</sup>] となる。したがって  $[2]$  と  $[3]$  から  $(M + m)a = [4]$  となる。これは振動の中心が

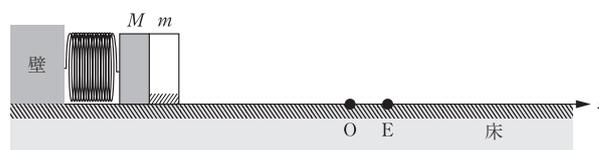


図 I-4

問1 空所  $[1 - A]$ 、 $[1 - B]$  に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	$[1 - A]$	$[1 - B]$	$[1 - A]$	$[1 - B]$
①	$k\ell$	$\mu mg < k\ell$	⑤	$ks_A$
②	$k\ell$	$\mu mg \geq k\ell$	⑥	$ks_A$
③	$k(s_A + \ell)$	$\mu mg < k(s_A + \ell)$	⑦	$k(s_A - \ell)$
④	$k(s_A + \ell)$	$\mu mg \geq k(s_A + \ell)$	⑧	$k(s_A - \ell)$

問2 空所  $[2]$  に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| ① $-kx - F$      | ② $-kx - \mu'Mg$     |
| ③ $-kx - \mu'mg$ | ④ $-kx - F - \mu'Mg$ |
| ⑤ $-F$           | ⑥ $-\mu'Mg$          |
| ⑦ $-\mu'mg$      | ⑧ $-F - \mu'Mg$      |

問3 空所【3】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 3

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| ① $-kx + F$      | ② $-kx - \mu'Mg$     |
| ③ $-kx - \mu'mg$ | ④ $-kx + F - \mu'Mg$ |
| ⑤ $F$            | ⑥ $-\mu'Mg$          |
| ⑦ $-\mu'mg$      | ⑧ $F - \mu'mg$       |

問4 空所【4】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 4

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ① $kx - \mu'mg$  | ② $kx + \mu'mg$  |
| ③ $-kx - \mu'mg$ | ④ $-kx + \mu'mg$ |
| ⑤ $kx - \mu'Mg$  | ⑥ $kx + \mu'Mg$  |
| ⑦ $-kx - \mu'Mg$ | ⑧ $-kx + \mu'Mg$ |

問5 空所【5-A】、【5-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 5

	【5-A】	【5-B】		【5-A】	【5-B】
①	$-\frac{\mu'mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	⑤	$-\frac{\mu'Mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
②	$-\frac{\mu'mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$	⑥	$-\frac{\mu'Mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$
③	$-\frac{\mu'mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$	⑦	$-\frac{\mu'Mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$
④	$-\frac{\mu'mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{mM}{k(m+M)}}$	⑧	$-\frac{\mu'Mg}{k}$	$2\pi\sqrt{\frac{mM}{k(m+M)}}$

問6 空所【6】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

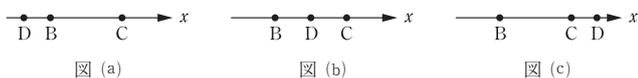
解答番号 6

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{m}{M+m}(\mu'mg + kx)$ | ② $\frac{m}{M+m}(\mu'mg - kx)$ |
| ③ $\frac{m}{M+m}(\mu'Mg + kx)$ | ④ $\frac{m}{M+m}(\mu'Mg - kx)$ |
| ⑤ $\frac{M}{M+m}(\mu'mg + kx)$ | ⑥ $\frac{M}{M+m}(\mu'mg - kx)$ |
| ⑦ $\frac{M}{M+m}(\mu'Mg + kx)$ | ⑧ $\frac{M}{M+m}(\mu'Mg - kx)$ |

問7 空所【7-A】、【7-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 7

	【7-A】	【7-B】		【7-A】	【7-B】
①	$(s_B - s_C)\mu'mg$	図(a)	⑦	$(s_B - s_C)\mu'(m+M)g$	図(a)
②	$(s_B - s_C)\mu'mg$	図(b)	⑧	$(s_B - s_C)\mu'(m+M)g$	図(b)
③	$(s_B - s_C)\mu'mg$	図(c)	⑨	$(s_B - s_C)\mu'(m+M)g$	図(c)
④	$(s_B - s_C)\mu'Mg$	図(a)			
⑤	$(s_B - s_C)\mu'Mg$	図(b)			
⑥	$(s_B - s_C)\mu'Mg$	図(c)			



問8 空所【8】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 8

- |                            |                           |                          |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{\mu'mg}{k}$       | ② $\frac{\mu'Mg}{k}$      | ③ $\frac{\mu'(m+M)g}{k}$ |
| ④ $\frac{\mu'mMg}{(m+M)k}$ | ⑤ $\frac{kmg}{\mu'}$      | ⑥ $\frac{kMg}{\mu'}$     |
| ⑦ $\frac{k(m+M)g}{\mu'}$   | ⑧ $\frac{kMg}{(m+M)\mu'}$ |                          |

II 次の文章を読んで、後の問い(問1~問8)に答えなさい。

図II-1に示すように、電気容量がそれぞれ  $3C$  [F]、 $x$  C [F]、 $2C$  [F] であり、極板間が真空である平行板コンデンサー3個と、抵抗値  $R$  [Ω] の抵抗1個と、内部抵抗が無視できる起電力  $V$  [V] の電池1個およびスイッチ  $S$  を1個接続した。電池の負極側は接地されている。ただし  $x$  は定数とする。また、初期状態でスイッチは開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。

コンデンサー3個の合成容量は  $2C$  [F] である。この条件を満たす  $x$  は【9】である。次に、スイッチを閉じた。スイッチを閉じた直後、コンデンサーは【10】とみなすことができる。したがって、スイッチを閉じた直後に抵抗に流れる電流の大きさは【11】[A] である。スイッチを閉じて十分に時間が経過した後の点Pの電位は【12】[V] であり、コンデンサー3個が蓄える静電エネルギーの和は【13】[J] である。スイッチを閉じて十分時間が経過するまでの間に電池がする仕事は【14】[J] であり、抵抗で発生するジュール熱は【15】[J] である。

次に、スイッチを開いてから電気容量  $3C$  [F] のコンデンサーだけ、極板間に比誘電率2の誘電体を入れ、極板間を満たした。このとき、点Qの電位は【16】[V] となる。

英語

日本史

世界史

政治・経済

数学(文系型)

数学(理系型)

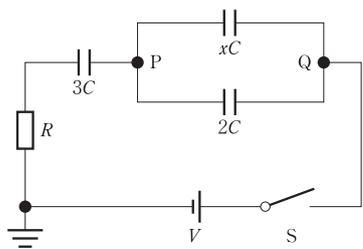
物理

化学

生物

正解・正解例  
講評

国語



図Ⅱ-1

問1 空所【9】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問2 空所【10】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 断線している  
 ② 抵抗のない導線  
 ③ 抵抗値が  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗  
 ④ 抵抗値が  $2R$  [ $\Omega$ ] の抵抗  
 ⑤ 抵抗値が  $\frac{1}{2}R$  [ $\Omega$ ] の抵抗  
 ⑥ 起電力が  $V$  [V] の電池  
 ⑦ 起電力が  $2V$  [V] の電池  
 ⑧ 起電力が  $\frac{1}{2}V$  [V] の電池

問3 空所【11】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ①  $\frac{V}{4R}$       ②  $\frac{V}{3R}$       ③  $\frac{V}{2R}$       ④  $\frac{3V}{4R}$   
 ⑤  $\frac{V}{R}$         ⑥  $\frac{3V}{2R}$       ⑦  $\frac{2V}{R}$         ⑧  $\frac{3V}{R}$

問4 空所【12】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問7 空所【15】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ①  $\frac{CV^2}{4}$       ②  $\frac{CV^2}{3}$       ③  $\frac{CV^2}{2}$       ④  $\frac{3CV^2}{4}$   
 ⑤  $CV^2$       ⑥  $\frac{3CV^2}{2}$       ⑦  $2CV^2$       ⑧  $3CV^2$

問5 空所【13】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ①  $\frac{CV^2}{4}$       ②  $\frac{CV^2}{3}$       ③  $\frac{CV^2}{2}$       ④  $\frac{3CV^2}{4}$   
 ⑤  $CV^2$       ⑥  $\frac{3CV^2}{2}$       ⑦  $2CV^2$       ⑧  $3CV^2$

問8 空所【16】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問6 空所【14】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

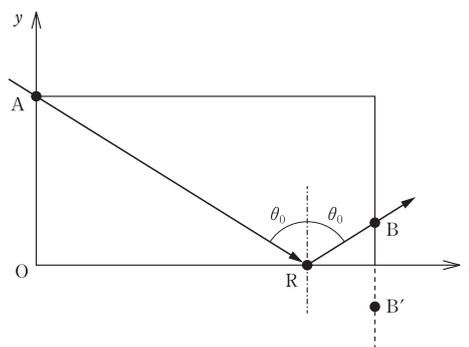
解答番号

- ①  $\frac{CV^2}{4}$       ②  $\frac{CV^2}{3}$       ③  $\frac{CV^2}{2}$       ④  $\frac{3CV^2}{4}$   
 ⑤  $CV^2$       ⑥  $\frac{3CV^2}{2}$       ⑦  $2CV^2$       ⑧  $3CV^2$

Ⅲ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

光ファイバーでは、媒質を適切に選択して、光を効率良く伝送している。光学の観点から、どのような媒質を選択すべきかを考える。

(1) 図Ⅲ-1に示すように、水平面上に置かれた1つの媒質中の光の反射についてまず考える。原点Oから水平横向きにx軸、鉛直上向きにy軸をとる。x座標が0[m]、y座標が $h_1$ [m]の点A(0,  $h_1$ )から入射した光が、x座標が $x_1$ [m]、y座標が0[m]の点R( $x_1$ , 0)で反射し、x座標が $2b$ [m]、y座標が $h_2$ [m]の点B( $2b$ ,  $h_2$ )を通る光路を考える。ただし、点Rにおける入射角、反射角を $\theta_0$ [rad]とし、 $h_2 = h_1/4$ [m]で、 $h_1 > 0$ とする。この光路において線分長さAR + RBが最小となるように点Rが定まる。点Rのx座標 $x_1$ を定めるため、点Bの水平面に対する対称点B'を想定する。線分長さの和AR + RB'を最小にすることにより点Rが定まる。以上より、点Rのx座標 $x_1$ は【17】となる。また、 $h_1 = \frac{6b}{5}$ のとき、 $\sin\theta_0$ は【18】となる。



図Ⅲ-1

問1 空所【17】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

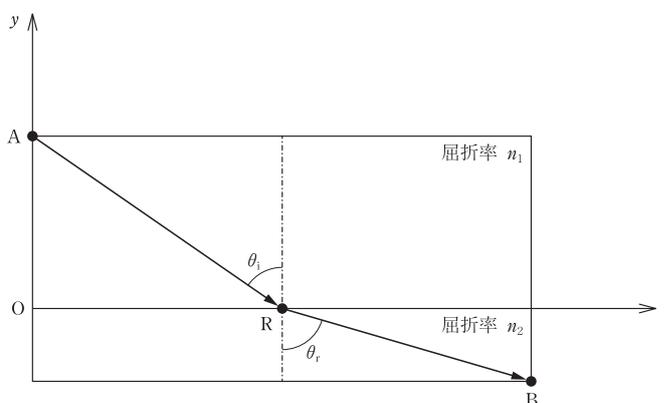
- ①  $\frac{6}{5}b$
- ②  $\frac{7}{5}b$
- ③  $\frac{8}{5}b$
- ④  $\frac{9}{5}b$
- ⑤  $2b$
- ⑥  $\frac{11}{5}b$

問2 空所【18】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 4
- ② 2
- ③  $\frac{4}{3}$
- ④ 1
- ⑤  $\frac{4}{5}$
- ⑥  $\frac{2}{3}$

(2) 次に、図Ⅲ-2に示すように、x軸を含む水平面で接している異なる屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ の媒質中を光が通過する場合を考える。図Ⅲ-2に示すように原点Oをとり、原点Oから水平横向きにx軸、鉛直上向きにy軸をとる。屈折率 $n_1$ の媒質内にあるx座標が0[m]、y座標が $h_1$ [m]の点A(0,  $h_1$ )から出た光が、2つの媒質の境界上のx座標が $b$ [m]、y座標が0[m]の点R( $b$ , 0)において屈折し、屈折率 $n_2$ の媒質内にあるx座標が $2b$ [m]、y座標が $-h_3$ [m]の点B( $2b$ ,  $-h_3$ )に到達する光路を考える。屈折率 $n_1$ の媒質と屈折率 $n_2$ の媒質の境界を光が通過するとき、入射角 $\theta_i$ [rad]と屈折角 $\theta_r$ [rad]の間には、【19】の関係が成り立つ。ここで、 $n_1 > n_2$ の場合、屈折角 $\theta_r$ が $\pi/2$ radとなる入射角 $\theta_c$ [rad]が存在し、 $\theta_c$ を臨界角と呼ぶ。入射角 $\theta_i$ が臨界角 $\theta_c$ よりも大きくなると、光は屈折率 $n_2$ の媒質に入ることなく境界面で反射する。この現象を全反射という。例えば、 $n_1 = 2.0$ 、 $n_2 = \sqrt{3}$ の場合、臨界角 $\theta_c$ は【20】radとなる。



図Ⅲ-2

問3 空所【19】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ①  $n_1 \sin\theta_i = -n_2 \sin\theta_r$
- ②  $n_1 \sin^2\theta_i = -n_2 \sin^2\theta_r$
- ③  $n_1 \cos\theta_i = -n_2 \cos\theta_r$
- ④  $n_2 \sin\theta_i = n_1 \sin\theta_r$
- ⑤  $n_2 \sin^2\theta_i = n_1 \sin^2\theta_r$
- ⑥  $n_2 \cos\theta_i = n_1 \cos\theta_r$
- ⑦  $n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_r$
- ⑧  $n_1 \sin^2\theta_i = n_2 \sin^2\theta_r$
- ⑨  $n_1 \cos\theta_i = n_2 \cos\theta_r$

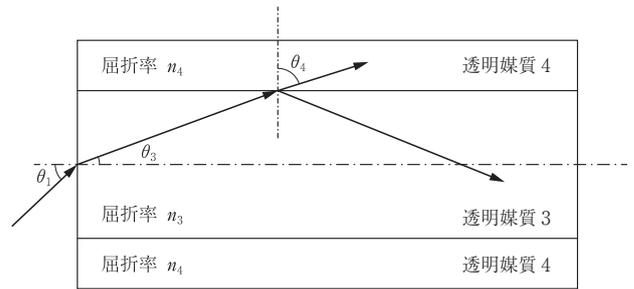
英語  
日本史  
世界史  
政治・経済  
数学(文系型)  
数学(理系型)  
物理  
化学  
生物  
正解・正解例  
国語

問4 空所【20】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 20

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

(3) 光ファイバーではこの全反射現象を利用している。光ファイバーは、光学的な観点からは、屈折率  $n_3$  の円柱状の透明媒質3と、それに接して取り囲む屈折率  $n_4$  の円筒状の透明媒質4からできている。図Ⅲ-3は光ファイバーの中心軸を含む断面図である。光はこの断面内のみを通るものとする。また、 $n_3 > n_4 > 1$  とする。なお、空気の屈折率は1とする。光ファイバー外側の空気中から入射角  $\theta_1$  [rad] で入射した光の屈折角を  $\theta_3$  [rad] とすると  $\sin\theta_3$  は【21】となる。屈折率  $n_4$  の媒質に光が進んだ場合には、屈折角を  $\theta_4$  [rad] とすると  $\sin\theta_4$  は【22】となる。光を効率良く伝送するためには、透明媒質3内の光を両媒質の境界で全反射させることが有効であり、角  $\theta_3$  は【23】の関係を満たす必要がある。以上より、全反射するためには、透明媒質の屈折率に要求される条件は【24】となる。



図Ⅲ-3

問5 空所【21】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 21

- ①  $\frac{n_3}{\cos^2\theta_1}$       ②  $\frac{n_3}{\sin^2\theta_1}$       ③  $\frac{n_3}{\cos\theta_1}$       ④  $\frac{n_3}{\sin\theta_1}$   
 ⑤  $\frac{\cos^2\theta_1}{n_3}$       ⑥  $\frac{\sin^2\theta_1}{n_3}$       ⑦  $\frac{\cos\theta_1}{n_3}$       ⑧  $\frac{\sin\theta_1}{n_3}$

問8 空所【24】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 24

- ①  $\cos\theta_1 < \sqrt{n_3^2 - n_4^2}$       ②  $\sin\theta_1 < \sqrt{n_3^2 - n_4^2}$   
 ③  $\cos\theta_1 < \sqrt{n_3^2 + n_4^2}$       ④  $\sin\theta_1 < \sqrt{n_3^2 + n_4^2}$   
 ⑤  $\cos\theta_1 > \sqrt{n_3^2 - n_4^2}$       ⑥  $\sin\theta_1 > \sqrt{n_3^2 - n_4^2}$   
 ⑦  $\cos\theta_1 > \sqrt{n_3^2 + n_4^2}$       ⑧  $\sin\theta_1 > \sqrt{n_3^2 + n_4^2}$

問6 空所【22】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 22

- ①  $\frac{n_3 \sin^2\theta_3}{n_4}$       ②  $\frac{n_3 \sin\theta_3}{n_4}$       ③  $\frac{n_4 \sin^2\theta_3}{n_3}$   
 ④  $\frac{n_4 \sin\theta_3}{n_3}$       ⑤  $\frac{n_3 \cos^2\theta_3}{n_4}$       ⑥  $\frac{n_3 \cos\theta_3}{n_4}$   
 ⑦  $\frac{n_4 \cos^2\theta_3}{n_3}$       ⑧  $\frac{n_4 \cos\theta_3}{n_3}$

問7 空所【23】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 23

- ①  $n_4 \sin\theta_3 > n_3$       ②  $n_3 \sin\theta_3 > n_4$       ③  $n_4 \cos\theta_3 > n_3$   
 ④  $n_3 \cos\theta_3 > n_4$       ⑤  $n_4 \sin\theta_3 < n_3$       ⑥  $n_3 \sin\theta_3 < n_4$   
 ⑦  $n_4 \cos\theta_3 < n_3$       ⑧  $n_3 \cos\theta_3 < n_4$