

物 理

注 意

1. 問題は全部で18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	-	*
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. 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)~(3)に最も良くあてはまるもの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。また問1の最も適切な解答を解答用紙(その2)の解答欄に記入せよ。

図1—1のように、傾きが 45° の斜面PQと水平な床面QRSからなる装置を考える。床面QRはなめらかで、また斜面PQでの静止摩擦係数が μ_0 、動摩擦係数が μ である。床面RSの摩擦係数は変えることができる。ここでは重力加速度の大きさを g とし、またすべての運動は図1—1の紙面内で行われるものとする。

斜面PQ上の点Aに小物体Iを静かにおいたところ、小物体Iは滑り出して点Qに到達し、その後床QR上を移動した。斜面PQと床面QRはなめらかにつながっているため、小物体Iが点Qを通過するとき小物体Iの速さは変わらなかった。その後、小物体Iは点Rにて静止していた小物体IIと衝突した。小物体Iの質量は m 、小物体IIの質量は M であった。小物体IIには図1—1のように自然長が l_0 でバネ定数 k のバネがつながれており、バネの反対側の端は固定されている。小物体IIが点Rに置かれているときにバネの長さはちょうど l_0 であった。

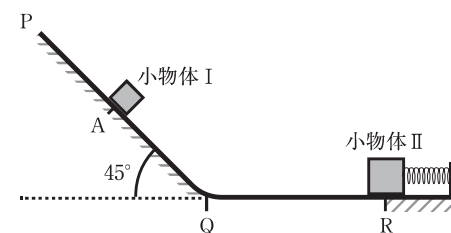


図1—1

斜面PQに静かに置かれた小物体Iが実際に斜面を滑り出すための条件は μ_0 (1) である。斜面PQ上で小物体Iにかかる摩擦力の大きさは (2) で、また小物体Iの加速度の大きさは (3) である。

(1)の解答群

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $< \frac{1}{2}$ | ② $= \frac{1}{2}$ | ③ $> \frac{1}{2}$ | ④ $< \frac{1}{\sqrt{3}}$ |
| ⑤ $= \frac{1}{\sqrt{3}}$ | ⑥ $> \frac{1}{\sqrt{3}}$ | ⑦ $< \frac{1}{\sqrt{2}}$ | ⑧ $= \frac{1}{\sqrt{2}}$ |
| ⑨ $> \frac{1}{\sqrt{2}}$ | ⑩ < 1 | Ⓐ $= 1$ | Ⓑ > 1 |
| Ⓒ $< \sqrt{3}$ | Ⓓ $= \sqrt{3}$ | Ⓔ $> \sqrt{3}$ | Ⓚ $= 0$ |

(2)の解答群

- | | | | |
|------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① μg | ② $\sqrt{2} \mu g$ | ③ $\frac{\mu g}{\sqrt{2}}$ | ④ $\frac{\mu g}{\sqrt{3}}$ |
| ⑤ μmg | ⑥ $\sqrt{3} \mu mg$ | ⑦ $\frac{\mu mg}{\sqrt{2}}$ | ⑧ $\frac{\mu mg}{\sqrt{3}}$ |
| ⑨ μ | ⑩ 2μ | Ⓐ $\frac{\mu}{\sqrt{3}}$ | Ⓑ $\frac{\mu}{2}$ |
| Ⓒ mg | Ⓓ $\frac{mg}{\sqrt{2}}$ | Ⓔ $\frac{\sqrt{3} mg}{2}$ | Ⓚ $\frac{mg}{2}$ |

(3)の解答群

- | | | |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① μ | ② $1 + \mu$ | ③ $1 - \mu$ |
| ④ $\frac{1 + \mu}{\sqrt{2}}$ | ⑤ $\frac{1 - \mu}{\sqrt{2}}$ | ⑥ g |
| ⑦ μg | ⑧ $\frac{1 + \mu}{\sqrt{2}} g$ | ⑨ $\frac{1 - \mu}{\sqrt{2}} g$ |
| ⑩ $1 + \mu g$ | Ⓐ $\frac{1 + \sqrt{3} \mu g}{2}$ | Ⓑ $\frac{1 - \sqrt{3} \mu g}{2}$ |
| Ⓒ $g + \mu$ | Ⓓ $g - \mu$ | Ⓔ $\frac{g + \mu}{\sqrt{2}}$ |
| Ⓚ $\frac{g - \mu}{\sqrt{2}}$ | | |

小物体 I が点 Q に到達したときの速さを v_0 とし、AQ 間の距離を x_0 とする。

点 A から点 Q に移動するまでの小物体 I の力学的エネルギーの変化は (4)

であり、また摩擦力が小物体 I にした仕事の大きさは (5) である。このことから、 $v_0^2 =$ (6) であることがわかる。

(4)の解答群

- | | |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| ① $\frac{1}{2} mv_0^2$ | ② $-\frac{1}{2} mv_0^2$ |
| ③ mgx_0 | ④ $-mgx_0$ |
| ⑤ $\frac{mgx_0}{\sqrt{2}}$ | ⑥ $-\frac{mgx_0}{\sqrt{2}}$ |
| ⑦ $\frac{1}{2} mv_0^2 + mgx_0$ | ⑧ $\frac{1}{2} mv_0^2 - mgx_0$ |
| ⑨ $-\frac{1}{2} mv_0^2 - mgx_0$ | ⑩ $\frac{1}{2} mv_0^2 + \frac{mgx_0}{\sqrt{2}}$ |
| Ⓐ $\frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{mgx_0}{\sqrt{2}}$ | Ⓑ $-\frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{mgx_0}{\sqrt{2}}$ |
| Ⓒ $\frac{1}{2} mv_0^2 + \frac{mgx_0}{2}$ | Ⓓ $\frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{mgx_0}{2}$ |
| Ⓔ $-\frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{mgx_0}{2}$ | |

(5)の解答群

- | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| ① μmgx_0 | ② $\sqrt{2} \mu mgx_0$ | ③ $\frac{\mu mgx_0}{\sqrt{2}}$ | ④ $\frac{\mu mgx_0}{2}$ |
| ⑤ $\frac{\sqrt{3} \mu mgx_0}{2}$ | ⑥ μmg | ⑦ $\sqrt{2} \mu mg$ | ⑧ $\frac{\mu mg}{\sqrt{2}}$ |
| ⑨ $\frac{\mu mg}{2}$ | ⑩ $\frac{\sqrt{3} \mu mg}{2}$ | Ⓐ mg | Ⓑ $\sqrt{2} mg$ |
| Ⓒ $\frac{mg}{\sqrt{2}}$ | Ⓓ $\frac{mg}{2}$ | Ⓔ $\frac{\sqrt{3} mg}{2}$ | |

(6)の解答群

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| ① $2gx_0$ | ② $\sqrt{2}gx_0$ | ③ gx_0 |
| ④ $\frac{gx_0}{\sqrt{2}}$ | ⑤ $2\mu gx_0$ | ⑥ $\sqrt{2}\mu gx_0$ |
| ⑦ μgx_0 | ⑧ $\frac{\mu gx_0}{\sqrt{2}}$ | ⑨ $2(1+\mu)gx_0$ |
| ⑩ $\sqrt{2}(1+\mu)gx_0$ | Ⓐ $(1+\mu)gx_0$ | Ⓑ $\frac{(1+\mu)gx_0}{\sqrt{2}}$ |
| Ⓒ $2(1-\mu)gx_0$ | Ⓓ $\sqrt{2}(1-\mu)gx_0$ | Ⓔ $(1-\mu)gx_0$ |
| Ⓚ $\frac{(1-\mu)gx_0}{\sqrt{2}}$ | | |

小物体 I が点 R にて静止していた小物体 II と衝突したときの反発係数(はねかえり係数)は $e = 1$ であった。 $M = 4m$ のとき、衝突直後の小物体 I の速さは $v_1 = \boxed{(7)}$ v_0 で、小物体 II の速さは $v_2 = \boxed{(8)}$ v_0 である。

(7), (8)の解答群

- | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① 0 | ② $\frac{1}{2}$ | ③ $\frac{1}{3}$ | ④ $\frac{2}{3}$ | ⑤ $\frac{1}{4}$ |
| ⑥ $\frac{3}{4}$ | ⑦ $\frac{1}{5}$ | ⑧ $\frac{2}{5}$ | ⑨ $\frac{3}{5}$ | ⑩ $\frac{4}{5}$ |
| Ⓐ 1 | Ⓑ $\frac{3}{2}$ | Ⓒ $\frac{4}{3}$ | Ⓓ $\frac{5}{3}$ | Ⓔ $\frac{5}{4}$ |
| Ⓚ $\frac{6}{5}$ | | | | |

問1 このときの時刻 t における小物体 I の速さを $v(t)$ とする。ただし小物体 I が点 A に置かれた時刻を $t = 0$ 、点 Q を通過した時刻を $t = t_1$ 、点 R で小物体 II に衝突した時刻を $t = t_2$ とする。その後、ある時刻 t_3 までの間には小物体 I は床 QRS 上にあり、また小物体 II に再度衝突することもなかったとする。時刻 $t = 0$ から $t = t_3$ における $v(t)$ を表すグラフを解答用紙(その2)の図1—2に描け。

最初、床 RS はなめらかだった。小物体 II は小物体 I と衝突して速さ v_2 で動き出した後に振動を続けた。小物体 I との衝突後から小物体 II が初めて速度が 0 となるまでの時間を測定したところ T_s で、またこの間における小物体 II の移動距離を測定したところ $x_1 (< l_0)$ であった。なお、観測している間には小物体 I と小物体 II の 2 回目の衝突は起こらなかった。

小物体 II の質量 M および測定値 T_s と x_1 を用いると、バネ定数 k および衝突直後の小物体 II の速さ v_2 はそれぞれ $k = \boxed{(9)}$ 、 $v_2 = \boxed{(10)}$ と見積もることができる。

(9)の解答群

- | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\frac{M^2}{T_s^2}$ | ② $2\pi\frac{M^2}{T_s^2}$ | ③ $\frac{\pi}{2}\frac{M^2}{T_s^2}$ | ④ $\frac{\pi^2}{4}\frac{M^2}{T_s^2}$ |
| ⑤ $\frac{M}{T_s^2}$ | ⑥ $2\pi\frac{M}{T_s^2}$ | ⑦ $\frac{\pi}{2}\frac{M}{T_s^2}$ | ⑧ $\frac{\pi^2}{4}\frac{M}{T_s^2}$ |
| ⑨ $\frac{M}{T_s}$ | ⑩ $2\pi\frac{M}{T_s}$ | Ⓐ $\frac{\pi}{2}\frac{M}{T_s}$ | Ⓑ $\frac{\pi^2}{4}\frac{M}{T_s}$ |
| Ⓒ $\frac{1}{T_s}$ | Ⓓ $2\pi\frac{1}{T_s}$ | Ⓔ $\frac{\pi}{2}\frac{1}{T_s}$ | Ⓚ $\frac{\pi^2}{4}\frac{1}{T_s}$ |

(10)の解答群

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| ① $\frac{x_1^2}{T_s^2}$ | ② $2\pi\frac{x_1^2}{T_s^2}$ | ③ $\frac{\pi}{2}\frac{x_1^2}{T_s^2}$ | ④ $\frac{\pi^2}{4}\frac{x_1^2}{T_s^2}$ |
| ⑤ $\frac{x_1}{T_s^2}$ | ⑥ $2\pi\frac{x_1}{T_s^2}$ | ⑦ $\frac{\pi}{2}\frac{x_1}{T_s^2}$ | ⑧ $\frac{\pi^2}{4}\frac{x_1}{T_s^2}$ |
| ⑨ $\frac{x_1}{T_s}$ | ⑩ $2\pi\frac{x_1}{T_s}$ | Ⓐ $\frac{\pi}{2}\frac{x_1}{T_s}$ | Ⓑ $\frac{\pi^2}{4}\frac{x_1}{T_s}$ |
| Ⓒ $\frac{1}{T_s}$ | Ⓓ $2\pi\frac{1}{T_s}$ | Ⓔ $\frac{\pi}{2}\frac{1}{T_s}$ | Ⓚ $\frac{\pi^2}{4}\frac{1}{T_s}$ |

次に、床 RS の材料を変えて床 RS に摩擦があるようにした。このときの床 RS における静摩擦係数を μ'_0 、動摩擦係数を μ' とする。小物体 II を点 R に静止させてから、先ほどと全く同じ操作で小物体 I を小物体 II に衝突させたところ、小物体 II は速さ v_2 で動き出した。その後、小物体 II は初めて速度が 0 となった場所でそのまま静止した。このときの小物体 II の移動距離を測定すると $x_2 (< l_0)$ であった。なお、観測している間には小物体 I と小物体 II の 2 回目の衝突は起こらなかった。

衝突直後から静止するまでの間における小物体 II の力学的エネルギーの変化は、先ほど見積もったバネ定数 k と測定値 x_1, x_2 を用いて $\boxed{(11)}$ と表すことができる。ここから、 $\mu' Mg = \boxed{(12)}$ となる。また $\mu'_0 Mg \geq \boxed{(13)}$ も成り立つ。

(11), (12), (13) の解答群

- | | | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ① kx_1 | ② kx_2 | ③ $k(x_1 + x_2)$ |
| ④ $k(x_2 - x_1)$ | ⑤ $\frac{1}{2} kx_1^2$ | ⑥ $\frac{1}{2} kx_2^2$ |
| ⑦ $\frac{1}{2} k(x_1^2 + x_2^2)$ | ⑧ $\frac{1}{2} k(x_2^2 - x_1^2)$ | ⑨ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2}{x_2}$ |
| ⑩ $\frac{1}{2} k \frac{x_2^2}{x_1}$ | Ⓐ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 + x_2^2}{x_1}$ | Ⓑ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 + x_2^2}{x_2}$ |
| Ⓒ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 - x_2^2}{x_1}$ | Ⓓ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 - x_2^2}{x_2}$ | Ⓔ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 + x_2^2}{x_1^2}$ |
| Ⓚ $\frac{1}{2} k \frac{x_1^2 + x_2^2}{x_2^2}$ | | |

2 以下の文章を読み、空欄(14)～(17)に最もよく当てはまる式または数値をそれぞれの解答群より選び、**解答用紙(その1)**の解答欄の該当する記号をマークせよ。ただし、すべての電源は内部抵抗を無視できるものとし、すべての図において点zの電位は0Vであるとする。また、すべての電流は矢印の向きに流れる場合を正の値とする。数値は有効数字2桁とする。

I. 起電力 V_1 と V_2 の2つの電源、抵抗値 R_1 の抵抗が図2—1に示すように接続されている回路を考える。点 a, b, z を図2—1に示すように定める。z → b → a → z の経路にキルヒホッフの第2法則をあてはめると下式となる。

$$V_2 = R_1 I_1 + V_1 \quad (2-1)$$

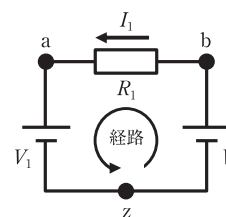


図2—1

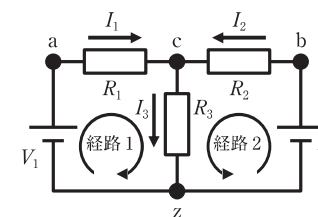


図2—2

次に、起電力 V_1 と V_2 の2つの電源、抵抗値 R_1 , R_2 , R_3 の3つの抵抗が図2—2に示すように接続されている回路を考える。点 a, b, c, z と経路1, 2を図2—2に示すように定める。a と c の間に流れる電流を I_1 , b と c の間に流れる電流を I_2 , c と z の間に流れる電流を I_3 とする。このとき、キルヒホッフの第1法則から I_1 , I_2 , I_3 の間には (14) の関係が成り立つ。また、キルヒホッフの第2法則を経路1にもちいると $V_1 =$ (15) となり、経路2にもちいると $V_2 =$ (16) となる。これらの関係を連立させて I_1 , I_2 を求めると

$$I_1 = \frac{(R_2 + R_3)V_1 - R_3V_2}{Z}$$

$$I_2 = \frac{-R_3V_1 + (R_1 + R_3)V_2}{Z}$$

と表せる。ただし、 $Z = R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3$ とする。また、これらをもとに点cの電位は、

$$\frac{\boxed{(17)} \times V_1 + \boxed{(18)} \times V_2}{Z}$$

と求められる。このように、回路内に2つの電源があっても電流、電位を求めることができる。

(14)の解答群

- ① $I_3 = I_1 - I_2$ ② $I_3 = I_2 - I_1$ ③ $I_3 = I_1 + I_2$
 ④ $I_3 = -(I_1 + I_2)$ ⑤ $I_3 = \frac{I_1 - I_2}{2}$ ⑥ $I_3 = \frac{I_2 - I_1}{2}$
 ⑦ $I_3 = \frac{I_1 + I_2}{2}$ ⑧ $I_3 = \frac{-(I_1 + I_2)}{2}$

(15)の解答群

- ① $R_1 I_1 - R_3 I_3$ ② $R_1 I_1 + R_3 I_3$ ③ $-R_1 I_1 - R_3 I_3$
 ④ $-R_1 I_1 + R_3 I_3$ ⑤ $(R_1 - R_3) I_1$ ⑥ $(R_1 + R_3) I_1$
 ⑦ $-(R_1 + R_3) I_1$ ⑧ $(-R_1 + R_3) I_1$

(16)の解答群

- ① $R_2 I_2 - R_3 I_3$ ② $R_2 I_2 + R_3 I_3$ ③ $-R_2 I_2 - R_3 I_3$
 ④ $-R_2 I_2 + R_3 I_3$ ⑤ $(R_2 - R_3) I_2$ ⑥ $(R_2 + R_3) I_2$
 ⑦ $-(R_2 + R_3) I_2$ ⑧ $(-R_2 + R_3) I_2$

(17), (18)の解答群

- ① R_1 ② R_2 ③ R_3 ④ $R_1 + R_2$ ⑤ $R_2 + R_3$
 ⑥ $R_1 + R_3$ ⑦ $R_1 R_2$ ⑧ $R_2 R_3$ ⑨ $R_1 R_3$ ⑩ 0

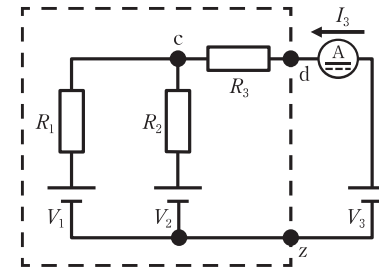


図2-3

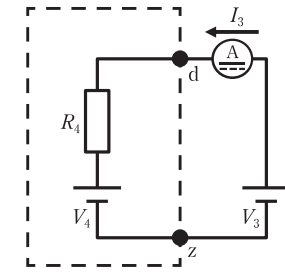


図2-4

II. 図2-3のように、起電力 V_1 と V_2 の電源、抵抗値 R_1, R_2, R_3 の抵抗からなる回路(破線内)に、起電力 V_3 の電源と電流計が接続されている回路を考える。点c, d, zを図2-3に示すように定める。電流計は電流 I_3 が矢印の向きに流れる場合を正の値とし、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。 I_3 は $V_1, V_2, V_3, R_1, R_2, R_3$, および, Z を用いて、

$$I_3 = \frac{\boxed{(19)} \times V_3 - \boxed{(20)} \times V_1 - \boxed{(21)} \times V_2}{Z}$$

と表せる。これを V_3 について整理すると、 V_3 と破線内の回路に流れ込む電流 I_3 の間には、

$$V_3 = \frac{Z}{\boxed{(22)}} \times I_3 + \boxed{(23)} \times V_1 + \boxed{(24)} \times V_2$$

の関係が成り立つことがわかる。ここで、 $\frac{Z}{\boxed{(22)}}$ を R_4 、

$$\boxed{(23)} \times V_1 + \boxed{(24)} \times V_2$$

$$V_3 = R_4 I_3 + V_4 \tag{2-2}$$

となり、図2-1の回路を表す式(2-1)と同じ形になる。このことから、図2-3の破線内を図2-4の破線内の回路と置き換えて考えることができる。このとき、 R_4, V_4 の値は V_3 および I_3 に依存しない。このように複雑な回路と同じ電圧と電流の関係を示すように簡略化した回路のことを等価回路と呼ぶ。

(19), (20), (21), (22)の解答群

- ① R_1 ② R_2 ③ R_3 ④ $R_1 + R_2$ ⑤ $R_2 + R_3$
 ⑥ $R_1 + R_3$ ⑦ $R_1 R_2$ ⑧ $R_2 R_3$ ⑨ $R_1 R_3$ ⑩ 0

(23), (24)の解答群

- ① $\frac{R_1 R_2}{Z}$ ② $\frac{R_2 R_3}{Z}$ ③ $\frac{R_1 R_3}{Z}$
 ④ $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ⑤ $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ⑥ $\frac{R_3}{R_1 + R_2}$
 ⑦ $\frac{R_1}{R_2 + R_3}$ ⑧ $\frac{R_2}{R_2 + R_3}$ ⑨ $\frac{R_3}{R_2 + R_3}$
 ⑩ $\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$ a) $\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$ b) $\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$

Ⅲ. 図2-3の回路において、 $V_1 = 2.0 \text{ V}$, $V_2 = 1.0 \text{ V}$, $V_3 = 5.0 \text{ V}$, $R_1 = 3.0 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2.0 \text{ k}\Omega$ として、この状態で V_3 を5.0 Vから6.0 Vに上昇させたときに電流 I_3 が0.20 mA増加するようにしたい。Ⅱで示したように図2-4の V_3 と I_3 の関係は図2-3の V_3 と I_3 の関係と同じなので、式(2-2)をもちいると、

$$R_4 = \boxed{25} \text{ k}\Omega \text{ であればよい。 } R_4 = \frac{Z}{\boxed{22}} \text{ をもちいると、}$$

$R_3 = \boxed{26} \text{ k}\Omega$ となることがわかる。さらに、 $R_1 = \boxed{25} \text{ k}\Omega$ で $V_3 = 6.0 \text{ V}$ の場合、式(2-2)から $I_3 = \boxed{27} \text{ mA}$ となる。

(25)の解答群

- ① 30 ② 25 ③ 20 ④ 15 ⑤ 10
 ⑥ 5.0 ⑦ 4.0 ⑧ 2.4 ⑨ 2.0 ⑩ 1.5
 a) 1.0

(26)の解答群

- ① 4.8 ② 4.4 ③ 4.0 ④ 3.8 ⑤ 3.4
 ⑥ 3.0 ⑦ 2.8 ⑧ 2.4 ⑨ 2.0 ⑩ 1.5
 a) 1.0

(27)の解答群

- ① 1.6 ② 1.3 ③ 1.2 ④ 1.0 ⑤ 0.92
 ⑥ 0.80 ⑦ 0.72 ⑧ 0.52 ⑨ 0.22 ⑩ 0.12
 a) 0.00

3 空欄(ア)～(キ)の解答は解答用紙(その2)の所定の欄に適切な数値を記せ。空欄(28)～(34)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。以下の設問では光の経路は紙面内にあるとする。真空中の光速を c 、真空の屈折率を 1 とする。

図3—1のように、断面が直角三角形で辺 AC の長さが $2r$ 、絶対屈折率が $\sqrt{2}$ のプリズムに対して、波長 λ の細い光を AC の中点 O に入射する。プリズムの辺 BC は鏡面である。プリズムの周囲は真空中で、光源は点 O を中心とした半径 r の半円に沿って移動でき、その位置を点 P とする。この装置を用いて θ_1 を 0° より大きくしながら光の進路を調べた。

まず、 θ_1 を 0° よりわずかに大きくしたところ点 O で光が屈折した。屈折の法則より屈折角 θ_2 の大きさはほぼ (28) $^\circ$ であることがわかる。このとき光は鏡面で反射し OC の間からプリズムの外に出てきた。次に θ_1 を (ア) $^\circ$ とし光を入射したところ、鏡面上のある点 Q_1 で反射し $P \rightarrow O \rightarrow Q_1 \rightarrow O \rightarrow P$ と光の往復の経路が一致した。光がこの経路を 1 往復するのに要する時間は (29) である。

θ_1 を (ア) $^\circ$ より大きくしながら光の経路を調べたところ、はじめは光が OA の間からプリズムの外に出てきた。さらに θ_1 を大きくしたところ、光の屈折角 $\theta_2 =$ (イ) $^\circ$ を境に OA で全反射を起こし、その強い光が AB の間からプリズムの外に出てくるようになった。 θ_1 を 90° としたとき、点 O での光の屈折角 θ_2 は 0° 、つまり光は点 O を直進し鏡面上のある点 Q_2 で反射した。点 Q_2 での反射角の大きさは (ウ) $^\circ$ で、反射した光は (30) に到達した。

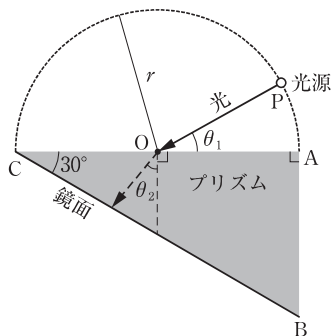


図3—1

28)の解答群

- ① 0 ② 7.5 ③ 15 ④ 22.5 ⑤ 30
 ⑥ 45 ⑦ 60 ⑧ 75 ⑨ 90 ⑩ 105

29)の解答群

- ① $\frac{r}{c}$ ② $\frac{\sqrt{2}r}{c}$ ③ $\frac{2r}{c}$
 ④ $\frac{2\sqrt{2}r}{c}$ ⑤ $\frac{3r}{c}$ ⑥ $\frac{(1+\sqrt{2})r}{c}$
 ⑦ $\frac{(2+\sqrt{2})r}{c}$ ⑧ $\frac{(3+\sqrt{2})r}{c}$ ⑨ $\frac{(1+2\sqrt{2})r}{c}$
 ⑩ $\frac{(4+2\sqrt{2})r}{c}$

30)の解答群

- ① 点B ② AB間のある点 ③ 点A
 ④ OAの間のある点 ⑤ 点O ⑥ OC間のある点
 ⑦ 点C

図3—2は半径 r の球状の物体の中心 O を含む断面図である。球体の絶対屈折率は $\sqrt{2}$ であり、図のように球体の右半分は鏡面であり、球体の周囲は真空である。球体の表面である図の円周上では、光が入射する点における円の接線に対する垂直な線との角度が、入射角、屈折角となる。球面上の点 P に入射角 45° で可視光域のある波長 λ の細い光を球体内に入射した後の光の経路を調べた。

点 P から入った光は屈折角 $\theta_3 = \boxed{\text{エ}}$ $^\circ$ で物体内を直進し、鏡面上の点 Q で反射した。三角形 POQ が二等辺三角形であることより、点 Q での反射角は $\boxed{\text{オ}}$ $^\circ$ であることがわかる。点 Q で反射された光は球の左半分の表面の点 R より物体の外に出てきた。点 R における入射角 θ_4 は $\boxed{\text{カ}}$ $^\circ$ 、屈折角 θ_5 は $\boxed{\text{キ}}$ $^\circ$ である。また、光の経路、 $P \rightarrow Q \rightarrow R$ の長さは $\boxed{\text{31}}$ である。

正確には、物体の絶対屈折率は可視光域にある光の波長が短くなるとともに少しずつ大きくなる。図3—2の実験において、点 P から入射角 45° で入射する光の波長を λ より短くしたとき、右半分にある鏡面上の点 Q' で反射した光が物体の左半分の表面上の点 R' より出てきた、このとき、点 R' の位置は図3—2において $\boxed{\text{32}}$ であり、点 R' から出る光の向きは、点 R から出た場合と比べて $\boxed{\text{33}}$ であった。

白色光は様々な波長の可視光が混ざったものであり、空気中の微小な水滴に入って背面で反射されて出てくる光の方向は、波長によって異なる。これは虹の発生の原理の最も簡単な説明であり、図3—3のように水滴内の背面で1回反射された光を観測者が見る場合を考えると、虹の色は内側から外側に向かって波長が $\boxed{\text{34}}$ に変化することがわかる。なお、水の絶対屈折率は約1.33で本題の材料のそれに近い。

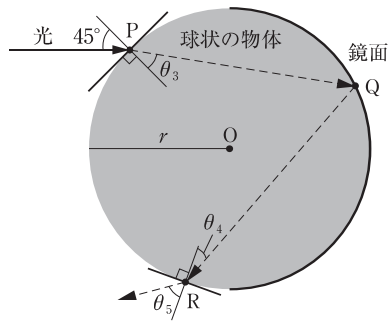


図 3—2

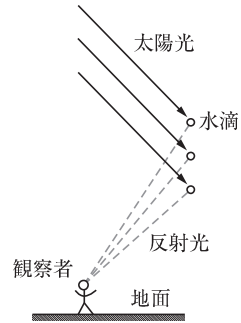


図 3—3

31)の解答群

- ① r ② $\sqrt{2}r$ ③ $2r$ ④ $2\sqrt{2}r$
 ⑤ $3r$ ⑥ $\sqrt{3}r$ ⑦ $2\sqrt{3}r$ ⑧ $3\sqrt{3}r$
 ⑨ $4\sqrt{2}r$ ⑩ $(2 + 2\sqrt{2})r$

32)の解答群

- ① 点 R と同じ
 ② 点 R から反時計回りに点 Q の向きに少し進んだところ
 ③ 点 R から時計回りに点 P の向きに少し進んだところ
 ④ 点 P
 ⑤ 点 P から時計回りに点 Q の向きに少し進んだところ

33)の解答群

- ① 同じ
 ② 図の時計回りに回った向き
 ③ 図の反時計回りに回った向き

34)の解答群

- ① 短くなる順 ② 長くなる順 ③ 不規則