

# 物 理

## 注 意

1. 問題は全部で 22 ページである。
2. 解答用紙に氏名を忘れずに記入すること。
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. 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"/>	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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)~(13)に当てはまる最も適切な解答をそれぞれの解答群から選び、解答用紙の該当する記号をマークせよ。

図1—1のように水平面と角度 $\theta$ をなす斜面上に質量 $M$ の小物体1が乗っている。重力加速度の大きさを $g$ 、小物体1と斜面との間の静止摩擦係数を $\mu_0$ とする。斜面から小物体1に作用する垂直抗力の大きさは(1)であり、最大摩擦力の大きさは(2)である。斜面の角度 $\theta$ がある角度 $\theta_0$ より大きくなると、小物体1は斜面を滑り始める。 $\theta_0$ は(3)により与えられる。角度が $\theta > \theta_0$ となる斜面上に小物体1をそっと置いたところ、小物体1は滑り始めた。小物体1と斜面との間の動摩擦係数を $\mu$ とする。滑り始めてから時間 $\Delta t$ の間に小物体1が滑った距離は $\Delta X =$  (4)となる。

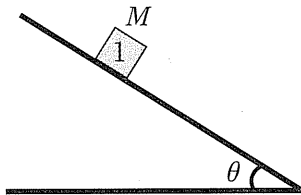


図1—1

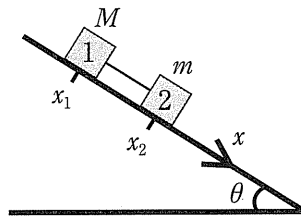


図1—2

次に、図1—2のように先ほどの小物体1に質量 $m$ の小物体2を伸び縮みせず、重さの無視できる糸で連結し、小物体2が下側になるようにして斜面上に糸がぴんと張った状態でそっと置いたところ、小物体1、2は糸がぴんと張ったまま一緒に斜面上を滑り始めた。小物体2と斜面との間の接触は滑らかで摩擦力は働かないとする。斜面に沿って下向きに $x$ 軸をとり、小物体1、2の位置座標を $x_1$ 、 $x_2$ と記す。糸による張力の大きさを $T$ とすると、小物体1、2のそれぞれの運動方程式は、小物体1、2の加速度をそれぞれ $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ として

$$M\alpha_1 = \text{(5)}$$

$$m\alpha_2 = \text{(6)}$$

となる。このときの小物体1の加速度は $\alpha_1 =$  (7)と求められる。

(1)の解答群

- ①  $Mg$                       ②  $Mg \sin \theta$                       ③  $Mg \cos \theta$                       ④  $Mg \tan \theta$   
⑤  $\frac{Mg}{\sin \theta}$                       ⑥  $\frac{Mg}{\cos \theta}$                       ⑦  $\frac{Mg}{\tan \theta}$

(2)の解答群

- ①  $\mu_0 Mg$                       ②  $\mu_0 Mg \sin \theta$                       ③  $\mu_0 Mg \cos \theta$   
④  $\mu_0 Mg \tan \theta$                       ⑤  $\frac{\mu_0 Mg}{\sin \theta}$                       ⑥  $\frac{\mu_0 Mg}{\cos \theta}$   
⑦  $\frac{\mu_0 Mg}{\tan \theta}$

(3)の解答群

- ①  $\mu_0 = g \theta_0$                       ②  $\mu_0 = g \sin \theta_0$                       ③  $\mu_0 = g \cos \theta_0$   
④  $\mu_0 = g \tan \theta_0$                       ⑤  $\mu_0 = \theta_0$                       ⑥  $\mu_0 = \sin \theta_0$   
⑦  $\mu_0 = \cos \theta_0$                       ⑧  $\mu_0 = \tan \theta_0$

(4)の解答群

- ①  $\frac{g(\tan \theta - \mu)}{2} (\Delta t)^2$                       ②  $\frac{g(\sin \theta - \mu \tan \theta)}{2} (\Delta t)^2$   
③  $\frac{g(\sin \theta - \mu \cos \theta)}{2} (\Delta t)^2$                       ④  $\frac{g \cos \theta (\sin \theta - \mu)}{2} (\Delta t)^2$   
⑤  $\frac{g(\tan \theta - \mu)}{2} \Delta t$                       ⑥  $\frac{g(\sin \theta - \mu \tan \theta)}{2} \Delta t$   
⑦  $\frac{g(\sin \theta - \mu \cos \theta)}{2} \Delta t$                       ⑧  $\frac{g \cos \theta (\sin \theta - \mu)}{2} \Delta t$

(5)の解答群

- ①  $Mg \cos \theta + \mu Mg \sin \theta + T$                       ②  $Mg \cos \theta - \mu Mg \sin \theta + T$   
③  $Mg \cos \theta + \mu Mg \sin \theta - T$                       ④  $Mg \cos \theta - \mu Mg \sin \theta - T$   
⑤  $Mg \sin \theta + \mu Mg \cos \theta + T$                       ⑥  $Mg \sin \theta - \mu Mg \cos \theta + T$   
⑦  $Mg \sin \theta + \mu Mg \cos \theta - T$                       ⑧  $Mg \sin \theta - \mu Mg \cos \theta - T$

(6)の解答群

- ①  $mg \sin \theta + T$       ②  $-mg \sin \theta + T$       ③  $mg \sin \theta - T$   
④  $-mg \sin \theta - T$       ⑤  $mg \cos \theta + T$       ⑥  $-mg \cos \theta + T$   
⑦  $mg \cos \theta - T$       ⑧  $-mg \cos \theta - T$

(7)の解答群

- ①  $g(\cos \theta + \mu \sin \theta)$       ②  $g(\cos \theta - \mu \sin \theta)$   
③  $g(\tan \theta + \mu)$       ④  $g(\tan \theta - \mu)$   
⑤  $g\left(\cos \theta + \mu \frac{M}{M+m} \sin \theta\right)$       ⑥  $g\left(\cos \theta - \mu \frac{M}{M+m} \sin \theta\right)$   
⑦  $g\left(\sin \theta + \mu \frac{M}{M+m} \cos \theta\right)$       ⑧  $g\left(\sin \theta - \mu \frac{M}{M+m} \cos \theta\right)$

<余 白>

次に、図1—3のように先ほどの小物体1と小物体2を連結する糸を、バネ定数が $k$ 、自然長が $l_0$ で重さの無視できるバネに置き換え、小物体2が下側になるようにして、先ほどとは異なる滑らかな斜面上にそっと置いたところ、小物体1、2は振動しながら斜面上を滑り始めた。斜面の角度は先ほどと同じ $\theta$ であり、斜面と小物体1、2の間には摩擦力は働かないとする。バネの伸び $\Delta l$ は $x_1, x_2, l_0$ を用いて $\Delta l = \boxed{\quad(8)\quad}$ と書ける。小物体2には、重力とバネによる力が働くため、斜面方向についての運動方程式は

$$m\alpha_2 = \boxed{\quad(9)\quad} \quad \text{①}$$

となる。

小物体1の運動を、小物体2の位置を原点として小物体2とともに動く観測者から見てみよう。図1—4に示すように、この観測者から見た座標系(動座標系)での小物体1、2のそれぞれの位置を $x'_1, x'_2$ と書こう。定義より $x'_2 = 0$ である。小物体2の斜面方向には、重力の斜面方向成分、バネによる力、慣性力が働き、これらの力が釣り合い静止しているように見える。小物体1には、重力の斜面方向の成分、バネによる力、慣性力が働くため、動座標系での小物体1の運動方程式は、動座標系上の観測者から見た加速度を $\alpha'_1$ として

$$M\alpha'_1 = \boxed{\quad(10)\quad}$$

と書ける。式①と $\boxed{\quad(8)\quad}$ を用いて $\alpha_2$ を消去すると、動座標系における小物体1の加速度は

$$\alpha'_1 = - \boxed{\quad(11)\quad} \times (x'_1 + \boxed{\quad(12)\quad})$$

となり、動座標系での釣り合いの位置は $x'_1 = \boxed{\quad(13)\quad}$ とわかる。

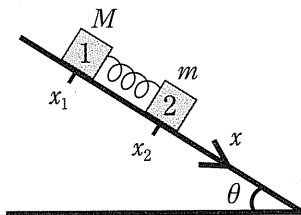


図1—3

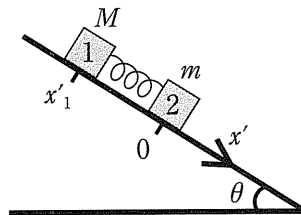


図1—4

(8)の解答群

- ①  $x_2 - x_1 + \ell_0$       ②  $x_2 - x_1 - \ell_0$       ③  $2(x_2 - x_1) + \ell_0$   
④  $2(x_2 - x_1) - \ell_0$       ⑤  $x_2 - x_1 + 2\ell_0$       ⑥  $x_2 - x_1 - 2\ell_0$   
⑦  $-(x_2 - x_1) + \ell_0$       ⑧  $-(x_2 - x_1) - \ell_0$

(9)の解答群

- ①  $mg \cos \theta + k \Delta \ell$       ②  $mg \cos \theta - k \Delta \ell$   
③  $mg \sin \theta + k \Delta \ell$       ④  $mg \sin \theta - k \Delta \ell$   
⑤  $mg \cos \theta + k \Delta \ell \sin \theta$       ⑥  $mg \cos \theta - k \Delta \ell \sin \theta$   
⑦  $mg \sin \theta + k \Delta \ell \sin \theta$       ⑧  $mg \sin \theta - k \Delta \ell \sin \theta$

(10)の解答群

- ①  $Mg \cos \theta + k \Delta \ell - M\alpha_2$       ②  $Mg \sin \theta - k \Delta \ell + M\alpha_2$   
③  $Mg \cos \theta - k \Delta \ell - M\alpha_2$       ④  $Mg \sin \theta - k \Delta \ell - M\alpha_2$   
⑤  $Mg \sin \theta + k \Delta \ell - M\alpha_2$       ⑥  $Mg \cos \theta + k \Delta \ell + M\alpha_2$   
⑦  $Mg \sin \theta + k \Delta \ell + M\alpha_2$       ⑧  $Mg \cos \theta - k \Delta \ell + M\alpha_2$

(11)の解答群

- ①  $\frac{k(m+M)}{mM}$       ②  $\frac{(m+M)}{kmM}$       ③  $\frac{kmM}{m+M}$   
④  $\frac{mM}{k(m+M)}$       ⑤  $\frac{2k(m+M)}{mM}$       ⑥  $\frac{2(m+M)}{kmM}$   
⑦  $\frac{2kmM}{m+M}$       ⑧  $\frac{2mM}{k(m+M)}$

(12), (13)の解答群

- ①  $\ell_0$       ②  $-\ell_0$       ③  $\frac{M}{m}\ell_0$   
④  $-\frac{M}{m}\ell_0$       ⑤  $\ell_0 \cos \theta$       ⑥  $-\ell_0 \cos \theta$   
⑦  $\frac{M}{m}\ell_0 \cos \theta$       ⑧  $-\frac{M}{m}\ell_0 \cos \theta$

2 以下の文章を読み，空欄(14)～(29)にあてはまる最も適切な数値，式，または図をそれぞれ解答群から選び，解答用紙の該当する記号をマークせよ。

図2-1に示すように，質量  $m$ ，電荷  $q$  ( $q > 0$ ) をもつ荷電粒子が， $y < 0$  の領域の  $y$  軸上を， $y$  軸の正の向きに一定の速さ  $v_0$  で運動している。粒子検出器の検出面  $F$  は  $y$  軸に垂直で  $y = \ell$  ( $\ell > 0$ ) の位置にあり， $F$  はじゅうぶん広いものとする。実験装置全体を  $z$  軸方向から見たものが図2-2であり，この図に示す領域  $D$  ( $0 \leq y \leq \ell$ ) には電場や磁場を加えることができる。荷電粒子に働く重力は無視できる。

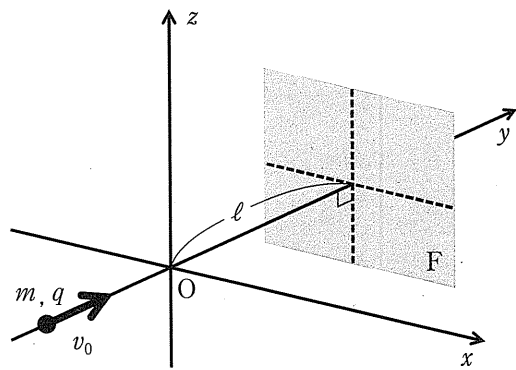


図2-1

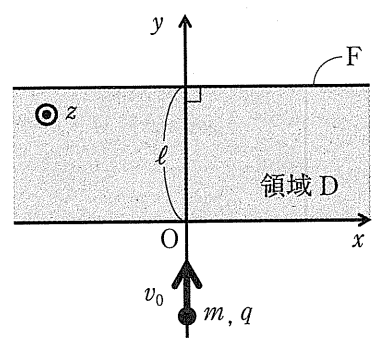


図2-2



A. 領域 D 内に  $z$  軸の正の向きに大きさ  $E_0$  ( $E_0 > 0$ ) の一様な電場を加える (磁場は加えない)。このとき、領域 D 内にある荷電粒子は大きさ  $\boxed{(14)}$  の加速度を  $\boxed{(15)}$  の向きに受ける。荷電粒子が原点  $O$  を通過した時刻を  $t = 0$  とすると、荷電粒子は時刻  $t = \boxed{(16)}$  に検出面 F に達する。検出面 F 上での荷電粒子の到達位置の  $x$  座標と  $z$  座標をそれぞれ  $x_A$ ,  $z_A$  とすると、 $x_A = \boxed{(17)}$ ,  $z_A = \boxed{(18)}$  である。

空欄(14)に対する解答群

- ①  $qmE_0$       ②  $2qmE_0$       ③  $\frac{qE_0}{m}$       ④  $\frac{qE_0}{2m}$       ⑤  $\frac{qE_0^2}{m}$   
 ⑥  $\frac{m}{qE_0}$       ⑦  $\frac{2m}{qE_0}$       ⑧  $\frac{mE_0}{q}$       ⑨  $\frac{2mE_0}{q}$       ⑩  $\frac{mE_0^2}{q}$

空欄(15)に対する解答群

- ①  $x$  軸の正      ②  $x$  軸の負      ③  $y$  軸の正      ④  $y$  軸の負  
 ⑤  $z$  軸の正      ⑥  $z$  軸の負

空欄(16)に対する解答群

- ①  $\sqrt{\frac{qE_0}{m\ell}}$       ②  $\sqrt{\frac{qE_0}{2m\ell}}$       ③  $\sqrt{\frac{m\ell}{qE_0}}$       ④  $\sqrt{\frac{2m\ell}{qE_0}}$   
 ⑤  $\sqrt{\frac{2m\ell}{qE_0^2}}$       ⑥  $\frac{mv_0}{qE_0}$       ⑦  $\frac{v_0}{\ell}$       ⑧  $\frac{\ell}{v_0}$   
 ⑨  $\frac{1}{2}\ell v_0^2$       ⑩  $\frac{\ell^2}{v_0}$

空欄(17), (18)に対する解答群

- ①  $\frac{mv_0^2}{qE_0}$       ②  $\frac{mv_0^2}{2qE_0}$       ③  $\frac{qE_0\ell^2}{mv_0^2}$       ④  $\frac{qE_0\ell^2}{2mv_0^2}$   
 ⑤  $\frac{qE_0^2\ell^2}{mv_0^2}$       ⑥  $\frac{qE_0^2\ell^2}{2mv_0^2}$       ⑦  $-\frac{mv_0^2}{qE_0}$       ⑧  $-\frac{mv_0^2}{2qE_0}$   
 ⑨  $-\ell$       ⑩  $0$

B. 領域 D 内に  $z$  軸の正の向きに磁束密度の大きさが  $B_0$  ( $B_0 > 0$ ) の一様な磁場を加える (電場は加えない)。領域 D 内での荷電粒子の軌跡は半径  $r_0 =$  (19) の円弧となり、その円弧の式は (20) と表すことができる。このことから、荷電粒子が検出面 F に到達するためには、 $v_0$  は  $v_{\min} =$  (21) より大きくなければならないことがわかる。荷電粒子のはじめの速さ  $v_0$  が  $v_{\min}$  より大きいとき、検出面 F 上での荷電粒子の到達位置の  $x$  座標と  $z$  座標をそれぞれ  $x_B, z_B$  とすると、 $x_B =$  (22) ,  $z_B =$  (23) である。

空欄(19), (21)に対する解答群

- |                         |                        |                         |                         |                          |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{mv_0}{qB_0}$   | ② $\frac{qB_0}{mv_0}$  | ③ $\frac{mv_0^2}{qB_0}$ | ④ $\frac{qB_0}{mv_0^2}$ | ⑤ $\frac{mv_0}{qB_0^2}$  |
| ⑥ $\frac{qB_0^2}{mv_0}$ | ⑦ $\frac{qB_0\ell}{m}$ | ⑧ $\frac{qB_0}{m\ell}$  | ⑨ $\frac{m\ell}{qB_0}$  | ⑩ $\frac{m\ell^2}{qB_0}$ |

空欄(20)に対する解答群

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $x^2 + (z + r_0)^2 = r_0^2$ | ② $x^2 + (z - r_0)^2 = r_0^2$ |
| ③ $(x + r_0)^2 + z^2 = r_0^2$ | ④ $(x - r_0)^2 + z^2 = r_0^2$ |
| ⑤ $x^2 + (y + r_0)^2 = r_0^2$ | ⑥ $x^2 + (y - r_0)^2 = r_0^2$ |
| ⑦ $(x + r_0)^2 + y^2 = r_0^2$ | ⑧ $(x - r_0)^2 + y^2 = r_0^2$ |
| ⑨ $y^2 + (z + r_0)^2 = r_0^2$ | ⑩ $y^2 + (z - r_0)^2 = r_0^2$ |

空欄(22), (23)に対する解答群

- |                                  |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $r_0 + \sqrt{r_0^2 + \ell^2}$  | ② $r_0 + \sqrt{r_0^2 - \ell^2}$  | ③ $r_0 - \sqrt{r_0^2 + \ell^2}$  |
| ④ $r_0 - \sqrt{r_0^2 - \ell^2}$  | ⑤ $-r_0 + \sqrt{r_0^2 + \ell^2}$ | ⑥ $-r_0 + \sqrt{r_0^2 - \ell^2}$ |
| ⑦ $-r_0 - \sqrt{r_0^2 + \ell^2}$ | ⑧ $-r_0 - \sqrt{r_0^2 - \ell^2}$ | ⑨ $r_0 + \ell$                   |
| ⑩ 0                              |                                  |                                  |

<余 白>

C. 領域D内に大きさ $E_0$  ( $E_0 > 0$ )の様な電場と磁束密度の大きさが $B_0$  ( $B_0 > 0$ )

である様な磁場を同時に加える。電場と磁場の向きはともに $z$ 軸の正の向きである。このときも荷電粒子の運動をA, Bの場合と同様に考えることができる。以下では、 $v_0$ は $v_{\min}$ よりじゅうぶん大きいとする。このとき、荷電粒子が原点Oから検出面Fに達するまでにかかる時間は (16) と近似でき

る。検出面F上での荷電粒子の到達位置の $x$ 座標と $z$ 座標をそれぞれ $x_c, z_c$ とすると、A, Bの結果を用いて $x_c =$  (24) ,  $z_c =$  (25) となる。

さらに、 $\alpha$ が1よりじゅうぶん小さいときの近似公式 $\sqrt{1+\alpha} \cong 1 + \frac{1}{2}\alpha$ を用いると、 $x_c =$  (26) と変形できる。したがって、荷電粒子の初めの速

さ $v_0$ と比電荷 $\frac{q}{m}$ を $x_c, z_c, E_0, B_0$ , および $l$ を用いて表すことができ、それぞれ $v_0 =$  (27) ,  $\frac{q}{m} =$  (28) となる。

$E_0, B_0$ , および $l$ を一定に保ったまま、様々な初速 $v_0$ を持つ多数の荷電粒子を $y$ 軸にそって $y < 0$ の領域から次々に入射させることを考えよう。ここで $v_0$ は $v_{\min}$ よりじゅうぶん大きい、ある値 $v_{\max}$ よりは小さいものとする。また、全ての荷電粒子は同じ質量 $m$ と正の電荷 $q$ をもち、荷電粒子どうしは衝突しないものとする。つまり、荷電粒子を1つずつ入射させ、検出面Fでの到達位置を記録するという操作を多数回くりかえす。このとき検出面Fでの荷電粒子の到達位置の集合を実線として表すと (29) のようになる。

空欄(24)に対する解答群

- ①  $r_0 + \sqrt{r_0^2 + l^2}$       ②  $r_0 + \sqrt{r_0^2 - l^2}$       ③  $r_0 - \sqrt{r_0^2 + l^2}$   
 ④  $r_0 - \sqrt{r_0^2 - l^2}$       ⑤  $-r_0 + \sqrt{r_0^2 + l^2}$       ⑥  $-r_0 + \sqrt{r_0^2 - l^2}$   
 ⑦  $-r_0 - \sqrt{r_0^2 + l^2}$       ⑧  $-r_0 - \sqrt{r_0^2 - l^2}$       ⑨  $r_0 - l$   
 ⑩ 0

空欄(25)に対する解答群

- ①  $\frac{qE_0 l^2}{mv_0^2}$       ②  $\frac{qE_0 l^2}{2mv_0^2}$       ③  $\frac{mv_0^2}{qE_0}$       ④  $\frac{mv_0^2}{2qE_0}$       ⑤  $\frac{mv_0}{qB_0}$   
 ⑥  $\frac{2mv_0}{qB_0}$       ⑦  $\frac{qB_0 l^2}{mv_0}$       ⑧  $\frac{qB_0 l^2}{2mv_0}$       ⑨  $-l$       ⑩ 0

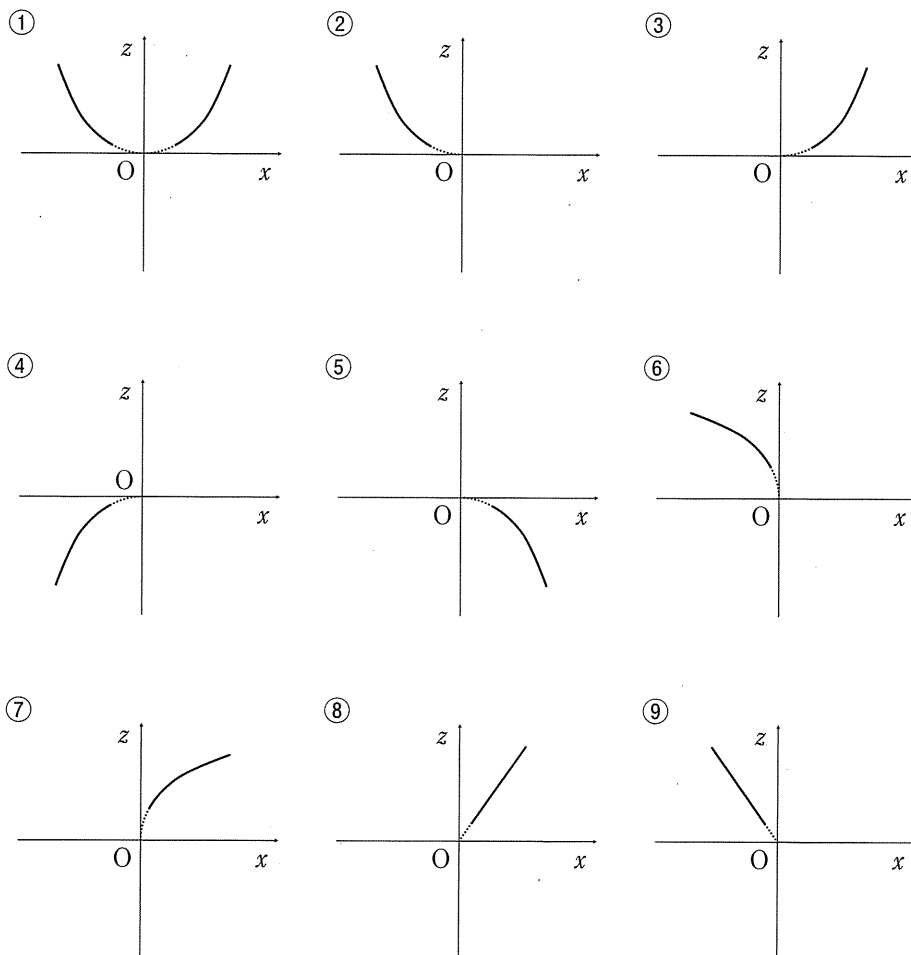
空欄(26)に対する解答群

- ①  $\frac{\ell}{2}$       ②  $2\ell$       ③  $\frac{\ell^2}{2r_0}$       ④  $\frac{r_0^2}{2\ell}$       ⑤  $\frac{\ell^3}{2r_0^2}$   
 ⑥  $\frac{r_0^3}{2\ell^2}$       ⑦  $-2\ell$       ⑧  $-\frac{\ell^2}{2r_0}$       ⑨  $-\frac{r_0^2}{2\ell}$       ⑩  $-\frac{\ell^3}{2r_0^2}$

空欄(27), (28)に対する解答群

- ①  $\frac{E_0\ell}{B_0z_c}$       ②  $\frac{E_0\ell}{B_0x_c}$       ③  $\frac{E_0z_c}{B_0x_c}$       ④  $\frac{E_0x_c}{B_0z_c}$       ⑤  $\frac{2E_0x_c^2}{B_0^2z_c\ell^2}$   
 ⑥  $\frac{2E_0\ell^2}{B_0^2x_cz_c^2}$       ⑦  $\frac{2E_0z_c^2}{B_0^2x_c\ell^2}$       ⑧  $\frac{2E_0^2x_c^2}{B_0z_c\ell^2}$       ⑨  $\frac{2E_0^2\ell^2}{B_0x_cz_c^2}$       ⑩  $\frac{2E_0^2z_c^2}{B_0x_c\ell^2}$

空欄(29)に対する解答群

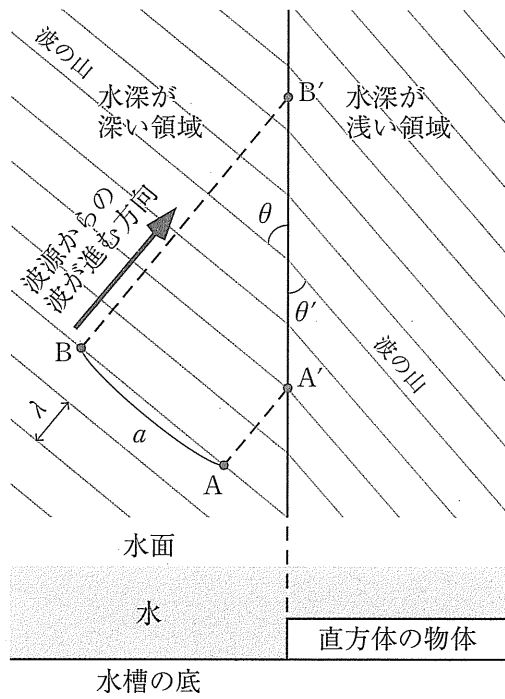


3

空欄(30)~(40)についてあてはまる最も適切なものを解答群より選び、解答用紙の該当する記号をマークせよ。

I 大きな水槽を水平面上に置き、水深が一定となるように水を満たした。この水槽には平面波を一定の周波数 $f$ で発する波源があり、このときの波長は $\lambda$ であることがわかっている。この波源から離れた位置に直方体状の物体を沈めて、水深の浅い領域を設けた。この浅い領域内での水深も一定である。物体を沈めたあとの水槽を上から見た様子を図3—1の上側に、横から見た様子を図3—1の下側に示す。水深が変化する境界で波の屈折が起こっており、また、反射波の影響は無視できるほど小さかった。波源から出た平面波の波面に沿った位置に2つの観測点A, Bを設けた。A, B間の距離は $a$ である。このときA, Bを通る波が境界上の $A'$ ,  $B'$ に到達するまでの時間はそれぞれ $t_1$ ,  $t_2$ であることがわかった。このとき波の進行方向に沿ったB,  $B'$ 間の距離とA,  $A'$ 間の距離の差 $\Delta l (> 0)$ は、 $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\lambda$ ,  $f$ を用いて、 $\Delta l =$  (30) と書け、 $a$ と $\theta$ を用いると $\Delta l =$  (31) と表せる。また、水深の浅い領域においては波源からの波よりも波長が短い波長の平面波が伝わっていることがわかった。この波長を $\lambda'$ とする。水深が深い領域から移動するある波面に注目すると、これが $B'$ に到達したとき、 $A'$ を通った波は水深が浅い領域をすでに $\Delta l'$ の長さだけ進行している。 $\Delta l'$ は $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\lambda'$ ,  $f$ を用いると、 $\Delta l' =$  (32) と書ける。水深が変化する境界と水深が浅い領域の波面がなす角を $\theta'$ とすると、 $\Delta l'$ は $a$ ,  $\theta$ ,  $\theta'$ を用いて $\Delta l' =$  (33) とも書くことができる。 $p = \frac{\sin \theta}{\sin \theta'}$ としたとき、 $\Delta l =$  (31) と $\Delta l' =$  (33) の関係より、 $p$ は $\Delta l$ と $\Delta l'$ を用いて、 $p =$  (34) と表せ、 $\lambda$ と $\lambda'$ を用いると、 $p =$  (35) と書ける。 $\lambda > \lambda'$ であるから、 $\theta'$ は $\theta$ より小さくなる。様々な厚さの直方体状の物体を用いて浅い側の水深を変えて同様な実験を行ったところ、水深が浅くなる境界において必ず平面波の屈折が起こり、水深の浅い領域での波長は $\lambda$ より短く、かつ浅い領域での水深が浅くなるほど屈折した波の波長が短くなる傾向が認められた。

次に、直方体の物体の代わりに図3—2のように三角柱状の物体を水槽に沈め、 $A'$ ,  $B'$ を含む直線上の位置から離れるとともに、徐々に水深が浅くなるようにする場合を考える。上の実験結果をもとに考えると、水深が徐々に浅くなっていく領域を上から見た波面の様子は (36) のようになることが考えられる。



水槽の一部を  
上から見た図

水槽の一部を  
横から見た図

図 3-1

(30)の解答群

- |                                  |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $(t_1 - t_2)\lambda f$         | ② $(t_1 - t_2)\frac{\lambda}{f}$ | ③ $(t_1 - t_2)\frac{f}{\lambda}$ |
| ④ $(t_1 - t_2)\lambda^2 f$       | ⑤ $t_1 t_2 \lambda f$            | ⑥ $(t_2 - t_1)\lambda f$         |
| ⑦ $(t_2 - t_1)\frac{\lambda}{f}$ | ⑧ $(t_2 - t_1)\frac{f}{\lambda}$ | ⑨ $(t_2 - t_1)\lambda^2 f$       |
| ⑩ $\frac{t_1 t_2 \lambda}{f}$    |                                  |                                  |

(31)の解答群

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

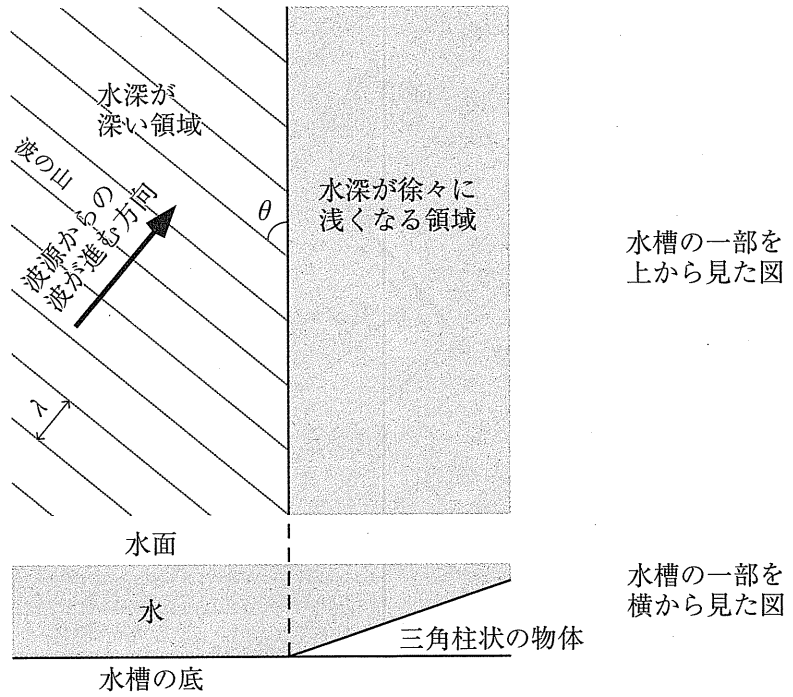


図 3-2

(32)の解答群

- |                                   |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① $(t_1 - t_2)\lambda' f$         | ② $\frac{(t_1 - t_2)\lambda'}{f}$ | ③ $\frac{(t_1 - t_2)f}{\lambda'}$ |
| ④ $(t_1 - t_2)\lambda'^2 f$       | ⑤ $t_1 t_2 \lambda' f$            | ⑥ $(t_2 - t_1)\lambda' f$         |
| ⑦ $\frac{(t_2 - t_1)\lambda'}{f}$ | ⑧ $\frac{(t_2 - t_1)f}{\lambda'}$ | ⑨ $(t_2 - t_1)\lambda'^2 f$       |
| ⑩ $\frac{t_1 t_2 \lambda'}{f}$    |                                   |                                   |

(33)の解答群

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① $a \sin \theta' \cos \theta$         | ② $a \sin \theta \cos \theta'$         | ③ $\frac{a \sin \theta}{\cos \theta'}$ |
| ④ $\frac{a \sin \theta'}{\cos \theta}$ | ⑤ $\frac{a \cos \theta}{\sin \theta'}$ | ⑥ $\frac{a \cos \theta'}{\sin \theta}$ |
| ⑦ $\frac{a \sin \theta}{\sin \theta'}$ | ⑧ $\frac{a \cos \theta'}{\cos \theta}$ | ⑨ $\frac{a \sin \theta'}{\sin \theta}$ |
| ⑩ $\frac{a \cos \theta}{\cos \theta'}$ |  |  |



(34)の解答群

①  $\frac{\Delta \ell + \Delta \ell'}{\Delta \ell - \Delta \ell'}$

②  $\frac{\Delta \ell + \Delta \ell'}{\Delta \ell' - \Delta \ell}$

③  $\frac{2 \Delta \ell}{\Delta \ell'}$

④  $\frac{2 \Delta \ell'}{\Delta \ell}$

⑤  $\frac{\Delta \ell - \Delta \ell'}{\Delta \ell + \Delta \ell'}$

⑥  $\frac{\Delta \ell' - \Delta \ell}{\Delta \ell + \Delta \ell'}$

⑦  $\frac{\Delta \ell}{\Delta \ell'}$

⑧  $\frac{\Delta \ell'}{\Delta \ell}$

⑨  $\frac{\Delta \ell}{2 \Delta \ell'}$

⑩  $\frac{\Delta \ell'}{2 \Delta \ell}$

(35)の解答群

①  $\lambda \lambda'$

②  $\frac{1}{\lambda \lambda'}$

③  $2 \lambda \lambda'$

④  $\frac{2}{\lambda \lambda'}$

⑤  $\lambda - \lambda'$

⑥  $\lambda' - \lambda$

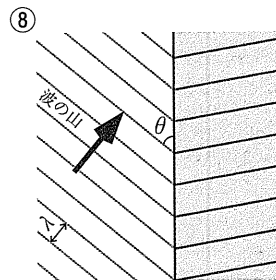
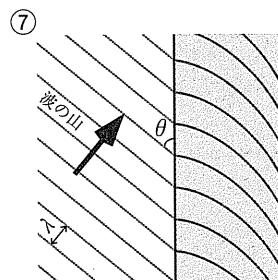
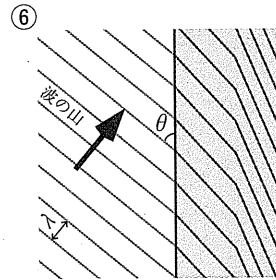
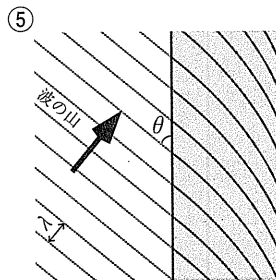
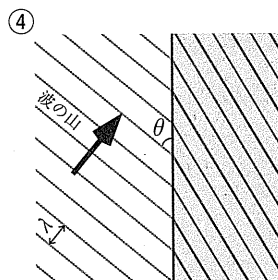
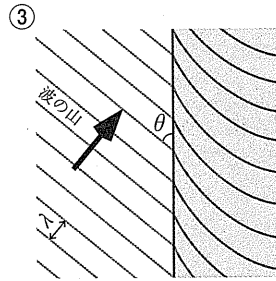
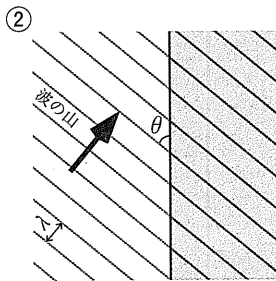
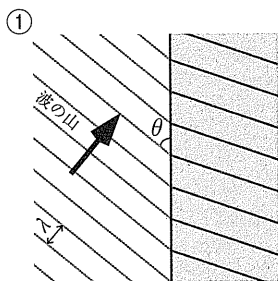
⑦  $\frac{\lambda}{\lambda'}$

⑧  $\frac{\lambda'}{\lambda}$

⑨  $\lambda + \lambda'$

⑩  $\sqrt{2}(\lambda + \lambda')$

(36)の解答群



II 波長が短い電磁波であるX線は波動性を示し、その性質を利用して結晶中の規則的な原子の並び方を知ることができる。

図3—3のように平面波とみなせるX線が3枚の平行な格子面(面1, 面2, 面3)によって反射される場合を考える。入射X線の格子面に対する角度は $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ), 格子面の間隔は $d$ である。面1に至る手前の同じ波面上にあるA, Bを通ったX線がそれぞれ面1, 面3によって反射され, A', B'に達するとき, AからA'までの行程とBからB'までの行程の距離の差は $d$ と $\theta$ を用いて, (37) と書ける。よってX線の波長を $\lambda$ としたとき, 面1, 面3によって反射されたX線のA', B'での位相が同じになる条件は, (37) = (38) のときで, 反射X線はたがいに強め合う。さらに面2によって反射されたX線の位相もそろえる条件は, (39) = (38) である。ただし, この条件および $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ の条件より, (40) より長い波長のX線を用いる場合にはいかなる入射角度 $\theta$ においても異なる格子面で反射されたX線が同位相となって強め合うことがなく, 結晶構造の解析に適さないことがわかる。

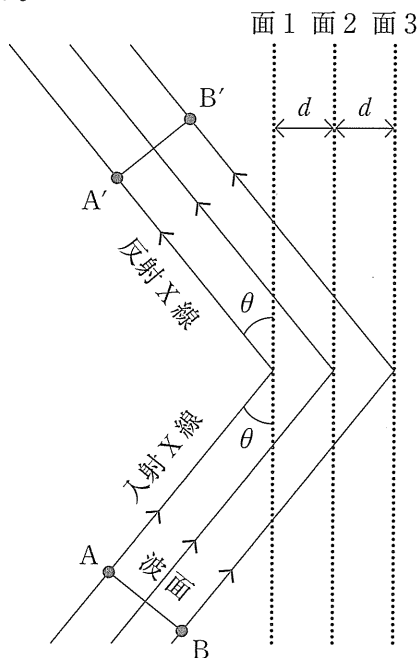


図3—3

(37) (39)の解答群

- ①  $d \sin \theta$       ②  $2d \sin \theta$       ③  $4d \sin \theta$       ④  $\frac{2 \sin \theta}{d}$   
⑤  $\frac{2 \tan \theta}{d}$       ⑥  $d \cos \theta$       ⑦  $2d \cos \theta$       ⑧  $4d \cos \theta$   
⑨  $\frac{2 \cos \theta}{d}$       ⑩  $2d \tan \theta$

(38)の解答群

- ① (正の整数)  $\times \lambda$       ②  $\frac{(\text{正の整数})}{\lambda}$       ③ (正の整数)  $\times \lambda^2$   
④ (正の整数)  $\times \lambda^3$       ⑤  $\frac{(\text{正の整数})}{\lambda^2}$       ⑥  $\frac{(\text{正の整数})}{\lambda^3}$

(40)の解答群

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

<余 白>

<余 白>

<余 白>

