



未来のエスキースを描く。

東北工業大学

## 2025年度入学試験問題

B

# 理

# 科

(100点 60分)

ページ 問題数

物理 1～15 4 問

化学 16～27 4 問

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は全部で27ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出ること。
3. 物理、化学から1科目のみを選択し解答すること。
4. 解答には黒鉛筆を用い、ボールペン、色鉛筆、万年筆などを使用してはならない。
5. 解答用紙は科目共通で2枚（マーク式および記述式）である。
6. 解答用紙（記述式）の指定欄に座席番号（数字）、氏名を記入し、さらに、解答する科目名を○で囲むこと。
  - ・解答は設問の指示に従い、所定の解答欄に記入すること。
7. 解答用紙（マーク式）の指定欄に座席番号（数字）、氏名を記入し、さらに、座席番号と解答する科目名をマークすること。
  - ・解答は、例えば **60** に対して ⑤ と解答する場合は、次の（例）のように、解答番号 **60** の解答欄の ⑤ のマーク位置に解答用紙（マーク式）のマーク例に従ってマークすること。

（例）

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | ① | ② | ③ | ④ | ● | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- ・誤ってマークした場合は、消しゴムで完全に消してからマークしなおすこと。
  - ・1つの解答欄に2つ以上マークした場合、その解答欄の解答は無効となる。
  - ・解答用紙（マーク式）は、折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
8. この問題冊子の余白は、計算などに利用してもよい。
  9. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

# 物 理

- 1 図1のように、自然長  $L$ 、ばね定数  $k$  のばねの両端に質量  $2m$  の小球1と質量  $m$  の小球2をつけた振動子がある。この振動子がばねを自然長に保ちながら、水平でなめらかな床の上を、床に垂直な壁に向かって一定の速さ  $V_0$  で運動している。壁の位置を座標の原点として、壁から垂直に水平面に沿って  $x$  軸をとる。振動子の2つの小球は常に  $x$  軸上を運動する。壁からはなれる方向を正方向とする。ばねの質量と小球の大きさは無視する。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

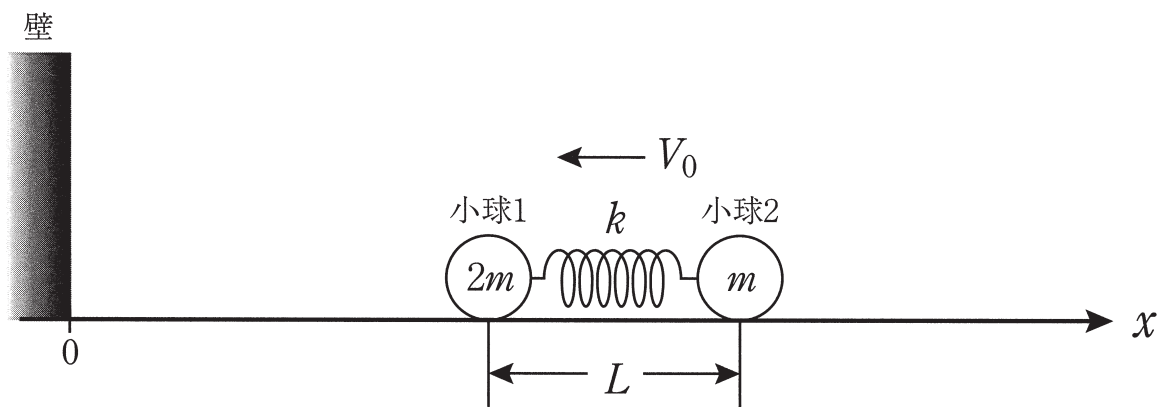


図 1

問 1. 時刻  $t = 0$  で小球1が壁と弾性衝突した。衝突直後の小球1の速度はいくらか。

1

- ①  $-3V_0$     ②  $-2V_0$     ③  $-V_0$     ④  $V_0$     ⑤  $2V_0$     ⑥  $3V_0$

問 2. 壁との衝突で小球1が壁から受けた力積はいくらか。

2

- ①  $-6mV_0$                       ②  $-4mV_0$                       ③  $-3mV_0$   
 ④  $3mV_0$                         ⑤  $4mV_0$                         ⑥  $6mV_0$

ここから先は壁と衝突した後の振動子の運動（時刻  $t > 0$ ）について考える。

問 3. 小球 1, 2 の加速度をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$ , バネの自然長からの変位（伸び）を  $q$  と表す。時刻  $t$  のとき、小球 1, 2 がしたがう運動方程式の組はどれか。

3

- ①  $2ma_1 = kq$ ,  $ma_2 = kq$       ②  $2ma_1 = -kq$ ,  $ma_2 = -kq$   
 ③  $2ma_1 = kq$ ,  $ma_2 = -kq$       ④  $2ma_1 = -kq$ ,  $ma_2 = kq$   
 ⑤  $2ma_1 = -2kq$ ,  $ma_2 = -kq$       ⑥  $2ma_1 = 2kq$ ,  $ma_2 = kq$

問 4. 小球 1 から見た小球 2 の相対加速度  $a$  は,  $a = a_2 - a_1$  と表すことができる。  
 $a$  と  $q$  の関係を表す式はどれか。

4

- ①  $a = -\frac{k}{m}q$       ②  $a = -\frac{k}{2m}q$       ③  $a = -\frac{2k}{m}q$   
 ④  $a = -\frac{3k}{2m}q$       ⑤  $a = -\frac{2k}{3m}q$       ⑥  $a = -\frac{4k}{3m}q$

問 5. 問 4 の結果は、2つの小球の相対加速度とばねの変位はたがいに比例し、方向が逆向きであることを表している。このことから、小球 1 から見ると小球 2 は単振動をすることがわかる。小球 1 から見た小球 2 の単振動の角振動数の値はいくらか。

5

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

問 6. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(あ)に書くこと。)

壁との衝突後、振動子には  $x$  軸に平行な外力ははたらかない。したがって振動子を一つの物体と見たとき、振動子の全運動量は保存される。時刻  $t$  のとき振動子の重心はどの位置にあるか。理由とともに重心の位置を表す座標を書きなさい。必要に応じて図や数式を用いてよい。

(あ)

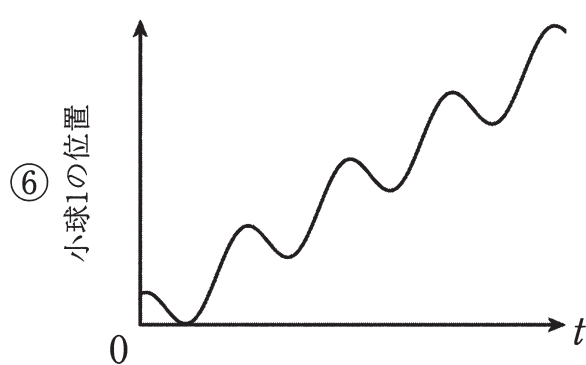
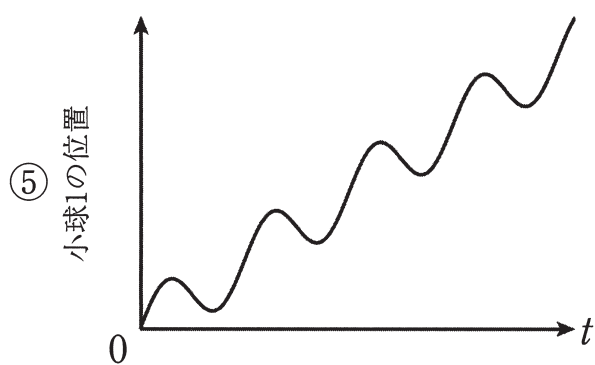
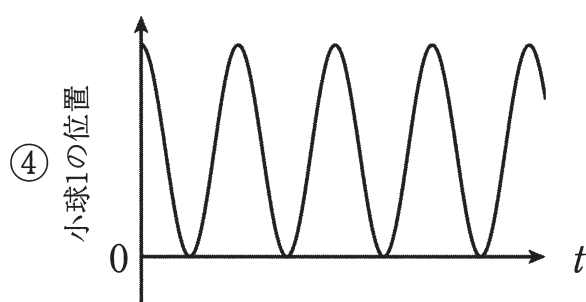
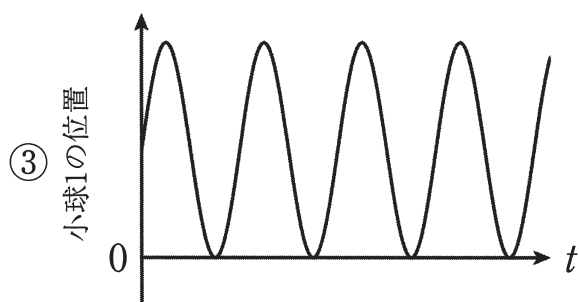
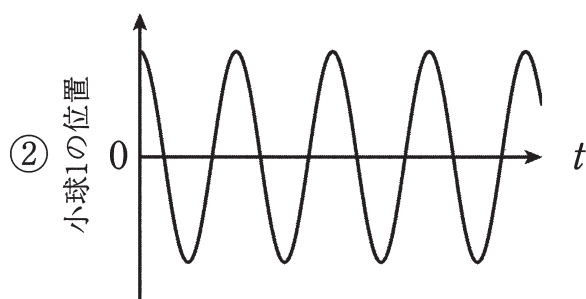
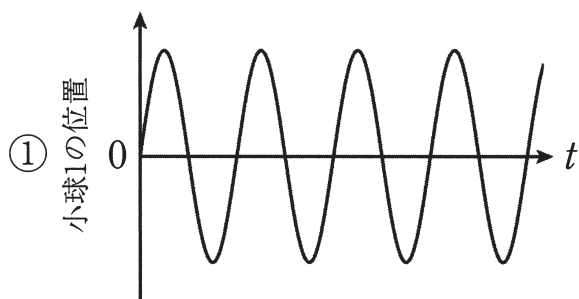
問 7. 小球 1 と壁の衝突は弾性衝突だから、衝突の前後で振動子の全力学的エネルギーは保存される。また、振動子の全力学的エネルギーは、ばねの単振動のエネルギーと、問 6 で考えた運動の運動エネルギーの和である。問 5 の単振動の振幅はいくらか。ただし、問 5 で求めた角振動数を  $\omega$  と表す。

6

- ①  $\frac{L\omega}{2V_0}$       ②  $\frac{L\omega}{V_0}$       ③  $\frac{2L\omega}{V_0}$   
④  $\frac{V_0}{2\omega}$       ⑤  $\frac{V_0}{\omega}$       ⑥  $\frac{2V_0}{\omega}$

問 8. 小球 1 の運動の様子をもっともよく表すグラフはどれか。グラフの横軸は時刻  $t$ ，縦軸は小球 1 の位置を表す。

7



- 2 図1のように,  $xy$ 平面上の2点  $A(0, r)$ ,  $B(0, -r)$  にそれぞれ電気量  $+Q$  ( $Q > 0$ ) の点電荷を固定した。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし, クーロンの法則の比例定数を  $k$  とし, 電位の基準は無限遠にとるものとする。

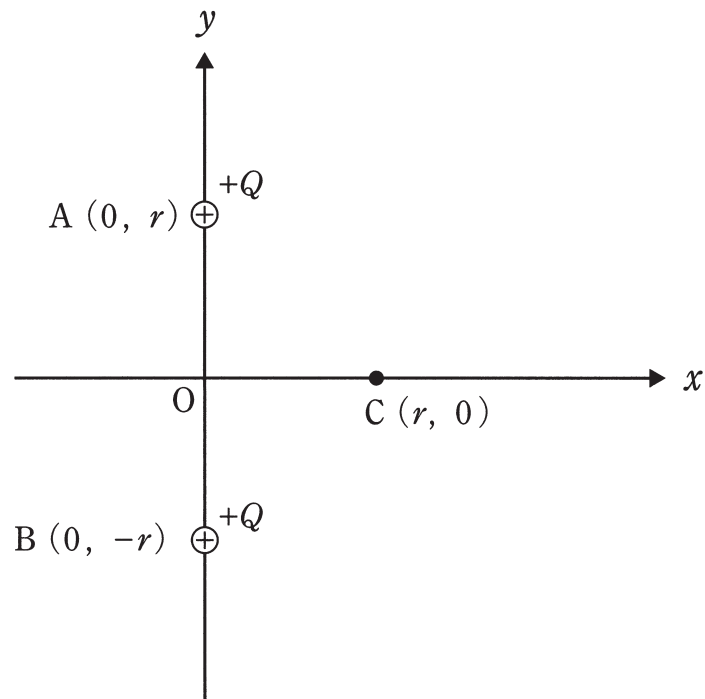


図 1

問 1. 点 A の点電荷が原点 O につくる電場の強さと向きを示す正しい組み合わせはどれか。

8

| 解答 | 電場の強さ             | 電場の向き   |
|----|-------------------|---------|
| ①  | 0                 | 向きなし    |
| ②  | $\frac{kQ}{r}$    | y 軸正の向き |
| ③  | $\frac{kQ}{r}$    | y 軸負の向き |
| ④  | $\frac{kQ}{r^2}$  | y 軸正の向き |
| ⑤  | $\frac{kQ}{r^2}$  | y 軸負の向き |
| ⑥  | $\frac{kQ}{2r^2}$ | y 軸正の向き |
| ⑦  | $\frac{kQ}{2r^2}$ | y 軸負の向き |
| ⑧  | $\frac{2kQ}{r^2}$ | y 軸正の向き |
| ⑨  | $\frac{2kQ}{r^2}$ | y 軸負の向き |

問 2. 点 A と点 B の点電荷が原点 O につくる合成電場の強さと向きを示す正しい組み合わせはどれか。

9

| 解答 | 合成電場の強さ           | 合成電場の向き |
|----|-------------------|---------|
| ①  | 0                 | 向きなし    |
| ②  | $\frac{kQ}{r}$    | y 軸正の向き |
| ③  | $\frac{kQ}{r}$    | y 軸負の向き |
| ④  | $\frac{kQ}{r^2}$  | y 軸正の向き |
| ⑤  | $\frac{kQ}{r^2}$  | y 軸負の向き |
| ⑥  | $\frac{kQ}{2r^2}$ | y 軸正の向き |
| ⑦  | $\frac{kQ}{2r^2}$ | y 軸負の向き |
| ⑧  | $\frac{2kQ}{r^2}$ | y 軸正の向き |
| ⑨  | $\frac{2kQ}{r^2}$ | y 軸負の向き |

問 3. 点 A と点 B の点電荷が点 C( $r, 0$ ) につくる合成電場の強さと向きを示す正しい組み合わせはどれか。

10

| 解答 | 合成電場の強さ                  | 合成電場の向き   |
|----|--------------------------|-----------|
| ①  | 0                        | 向きなし      |
| ②  | $\frac{kQ}{r}$           | $x$ 軸正の向き |
| ③  | $\frac{kQ}{r}$           | $x$ 軸負の向き |
| ④  | $\frac{kQ}{r^2}$         | $x$ 軸正の向き |
| ⑤  | $\frac{kQ}{r^2}$         | $x$ 軸負の向き |
| ⑥  | $\frac{kQ}{\sqrt{2}r^2}$ | $x$ 軸正の向き |
| ⑦  | $\frac{kQ}{\sqrt{2}r^2}$ | $x$ 軸負の向き |
| ⑧  | $\frac{\sqrt{2}kQ}{r^2}$ | $x$ 軸正の向き |
| ⑨  | $\frac{\sqrt{2}kQ}{r^2}$ | $x$ 軸負の向き |

問 4. 点 A の点電荷による原点 O の電位の大きさはいくらか。

11

- ① 0      ②  $\frac{kQ}{r}$       ③  $\frac{kQ}{r^2}$       ④  $\frac{kQ}{\sqrt{2}r}$       ⑤  $\frac{\sqrt{2}kQ}{r}$
- ⑥  $\frac{kQ}{2r}$       ⑦  $\frac{2kQ}{r}$

問 5. 点 A と点 B の点電荷による原点 O の電位の大きさはいくらか。

12

- ① 0      ②  $\frac{kQ}{r}$       ③  $\frac{kQ}{r^2}$       ④  $\frac{kQ}{\sqrt{2}r}$       ⑤  $\frac{\sqrt{2}kQ}{r}$   
⑥  $\frac{kQ}{2r}$       ⑦  $\frac{2kQ}{r}$

問 6. 点 A と点 B の点電荷による点 C( $r, 0$ ) の電位の大きさはいくらか。

13

- ① 0      ②  $\frac{kQ}{r}$       ③  $\frac{kQ}{r^2}$       ④  $\frac{kQ}{\sqrt{2}r}$       ⑤  $\frac{\sqrt{2}kQ}{r}$   
⑥  $\frac{kQ}{2r}$       ⑦  $\frac{2kQ}{r}$

問 7. 原点 O に電気量  $+q$  ( $q > 0$ ) の点電荷を置き,  $x$  軸に沿って点 C までゆっくり移動させたとき, 静電気力がした仕事はいくらか。

14

- ① 0      ②  $\frac{kQq}{r}$       ③  $-\frac{kQq}{r}$       ④  $\frac{kQ}{r^2}$       ⑤  $-\frac{\sqrt{2}kQq}{r}$   
⑥  $\frac{2kQq}{r}$       ⑦  $-\frac{2kQq}{r}$       ⑧  $\frac{kQq}{r}(2-\sqrt{2})$       ⑨  $\frac{kQq}{r}(\sqrt{2}-2)$

問 8. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(い)に書くこと。)

問 7 の点電荷の移動経路を経路Ⅰとする。図 2 のように、原点  $O$  から点  $C$  まで電気量  $+q$  の点電荷を経路Ⅱ、経路Ⅲで移動させた場合、それぞれの経路で静電気力がした仕事の大小関係として、最も適しているものはどれか。以下の①～⑦から一つ選び、その大小関係になる理由を説明しなさい。

(い)

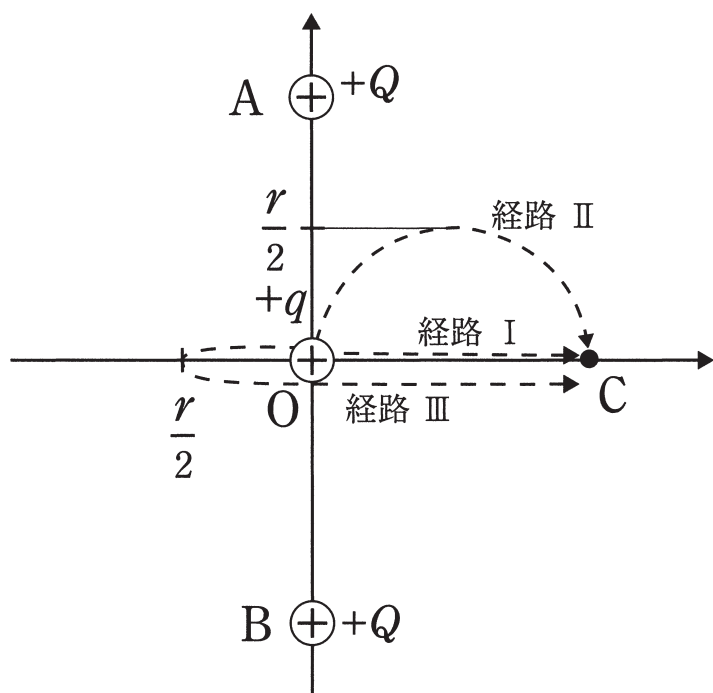


図 2

- ① 経路Ⅰ = 経路Ⅱ = 経路Ⅲ
- ② 経路Ⅰ < 経路Ⅱ < 経路Ⅲ
- ③ 経路Ⅲ < 経路Ⅱ < 経路Ⅰ
- ④ 経路Ⅰ = 経路Ⅱ < 経路Ⅲ
- ⑤ 経路Ⅲ < 経路Ⅰ = 経路Ⅱ
- ⑥ 経路Ⅰ = 経路Ⅲ < 経路Ⅱ
- ⑦ 経路Ⅱ < 経路Ⅰ = 経路Ⅲ

- 3 地球大気の上層部には電離圏と呼ばれる領域がある。この領域は、太陽からの紫外線や X 線により、大気の一部がイオンと電子に電離しているため、電磁波を反射・屈折する特性がある。図 1 に示すように、地上付近の大気と宇宙空間の屈折率を 1 とし、この間にある屈折率  $n$  の一様な媒質で構成された領域を電離圏とする。 $n$  は入射する電磁波の周波数  $f$  に依存し、 $f_p = 9.0 \times 10^6 \text{ Hz}$  として、

$$n = \sqrt{1 - \frac{f_p^2}{f^2}} \quad (f > f_p)$$

で表現されるものとする。電離圏への電磁波の入射角を  $\theta_1$  とし、電離圏下端の高度を 300 km とする。また、地表面や電離圏境界は平面であるものとする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

宇宙空間

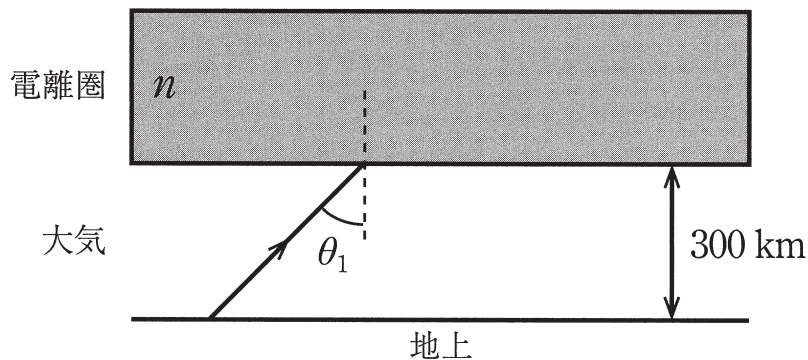


図 1

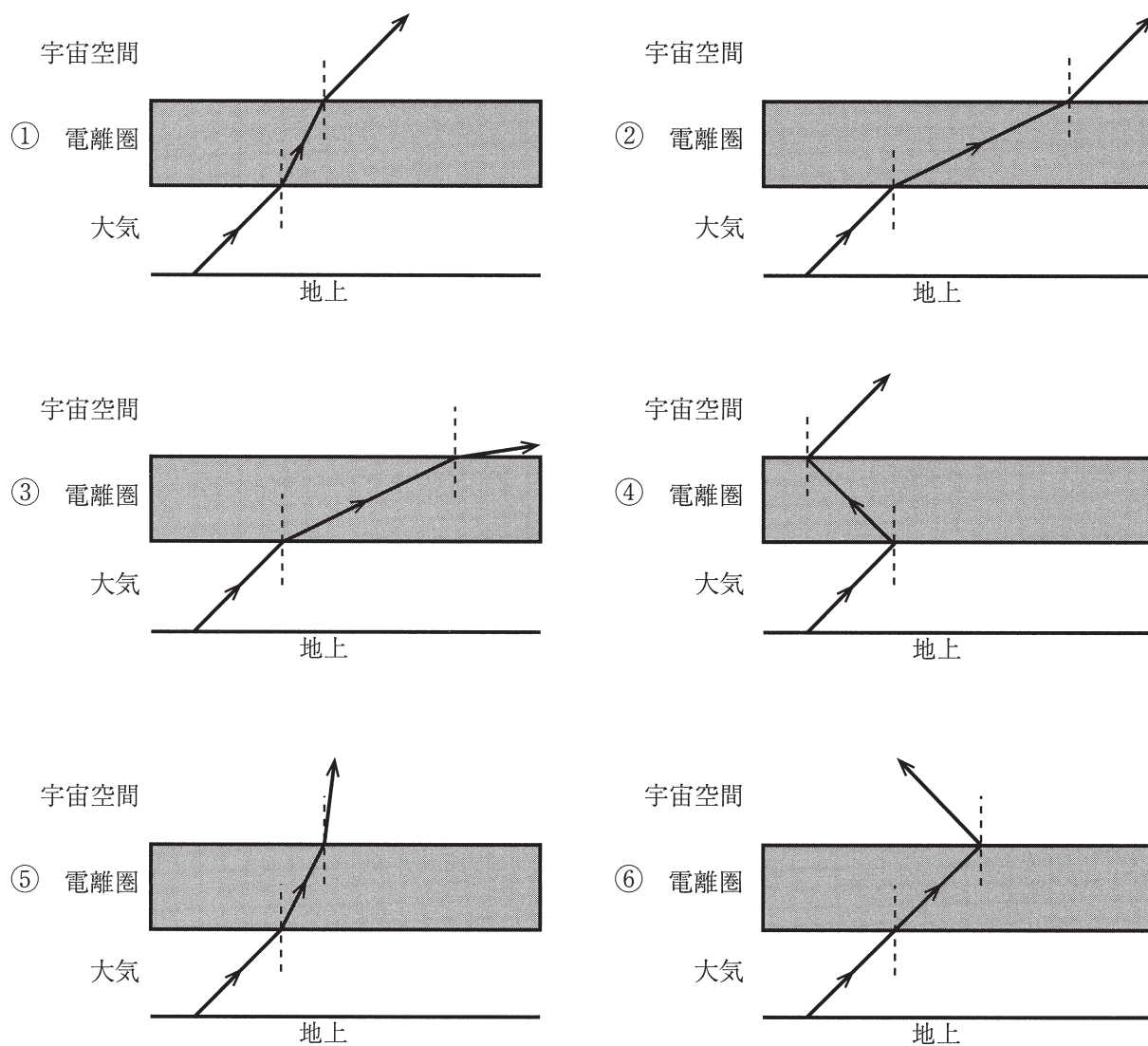
- 問 1. ある周波数の電磁波を電離圏に向けて放射したところ、屈折しながら宇宙空間へと進んでいった。電離圏下端での屈折角を  $\theta_2$  としたとき、 $\theta_1$  と  $\theta_2$  の関係について最も適当なものはどれか。

15

- ①  $\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$       ②  $\sin \theta_1 = \frac{1}{n} \sin \theta_2$       ③  $\cos \theta_1 = n \sin \theta_2$   
 ④  $\cos \theta_1 = \frac{1}{n} \sin \theta_2$       ⑤  $\sin \theta_1 = n \cos \theta_2$       ⑥  $\sin \theta_1 = \frac{1}{n} \cos \theta_2$

問2. 問1において、電磁波が進んでいった軌跡として最も適当なものはどれか。

16



問3. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(う)に書くこと。)

ある周波数 $f$ の電磁波を放射したとき、電離圏下端で全反射した。このとき $f$ と $\cos \theta_1$ の関係を示せ。導出の過程を示して答えること。

(う)

問 4. ある周波数  $f$  の電磁波を  $\theta_1 = 60^\circ$  で電離圏に向かって放射したとき、電離圏下端で全反射した。このとき、 $f$  の最大値はいくらか。  $1 \text{ MHz} = 1 \times 10^6 \text{ Hz}$  である。

17 MHz

- ① 10      ② 12      ③ 15      ④ 18      ⑤ 20      ⑥ 22

問 5. ある周波数  $f$  の電磁波が電離圏下端で全反射し、地上にある送信局から 800 km 離れた地点で受信された。このときの  $f$  の最大値はいくらか。

18 MHz

- ① 10      ② 12      ③ 15      ④ 18      ⑤ 20      ⑥ 22

- 4 物質質量  $n$  の単原子分子理想気体において、気体の温度  $T_0$ 、圧力  $P_0$ 、体積  $V_0$  の状態 A から、以下の過程 1、過程 2、過程 3 の順でゆっくり変化させた。

過程 1: 状態 A から、体積を一定に保ったまま気体に熱を与えたところ、圧力は状態 A の  $m_P$  倍となり、気体の温度は  $2T_0$  となった。このときを状態 B とした。

過程 2: 状態 B から、気体の温度を一定に保つように熱を与えたところ、圧力は  $P_0$  となり、体積は状態 B の  $m_V$  倍となった。このときを状態 C とした。

過程 3: 状態 C から、圧力を一定に保ったまま状態 A にもどした。

以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし、気体定数を  $R$  とする。

問 1. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(え)に書くこと)

A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A の 1 サイクルを、縦軸を圧力  $P$ 、横軸を体積  $V$  としてグラフの概形を表しなさい。解答用紙の所定の欄に図 1 を書き写し、各過程を実線で、変化の方向を矢印で記入すること。また、状態 A と同様に、状態 B、C の位置は点で、圧力、体積は  $P_0$ 、 $V_0$ 、 $m_P$ 、 $m_V$  を使って座標に記入すること。

(え)

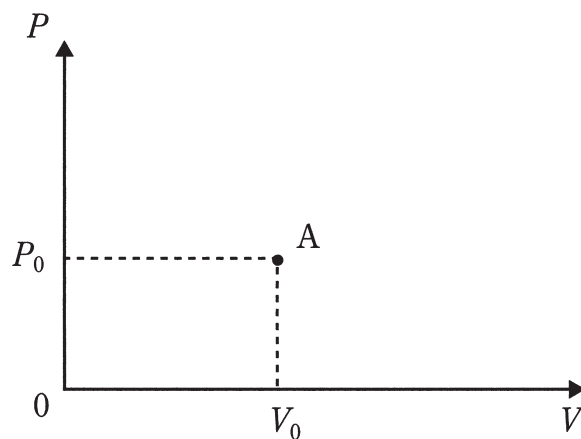


図 1

問 2. 本文中の  $m_P$ ,  $m_V$  の値はいくらか。

19

- ①  $m_P = 2.0$ ,  $m_V = 2.0$       ②  $m_P = 2.0$ ,  $m_V = 3.0$   
③  $m_P = 3.0$ ,  $m_V = 2.0$       ④  $m_P = 3.0$ ,  $m_V = 3.0$   
⑤  $m_P = 2.0$ ,  $m_V = 4.0$       ⑥  $m_P = 4.0$ ,  $m_V = 2.0$

問 3. 過程 3 において気体が放出した熱量はいくらか。

20

- ① 0      ②  $\frac{2}{5}nRT_0$       ③  $\frac{2}{3}nRT_0$   
④  $nRT_0$       ⑤  $\frac{3}{2}nRT_0$       ⑥  $\frac{5}{2}nRT_0$

問 4. 圧力  $P$ , 体積  $V$ , 温度  $T$  の気体において, 気体の温度を一定に保ったまま気体の体積を  $m$  倍にしたときに気体が外部にする仕事  $W$  は,  $m$  の値によって, 以下の表のようになる。A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A の 1 サイクルの熱効率はいくらか。

21

表 1 一定温度  $T$  時に気体が外部にする仕事

| $m$ | 2.0       | 3.0      | 4.0      |
|-----|-----------|----------|----------|
| $W$ | $0.69nRT$ | $1.1nRT$ | $1.4nRT$ |

- ①  $6.5 \times 10^{-2}$       ②  $1.3 \times 10^{-2}$       ③  $2.6 \times 10^{-2}$   
④  $6.5 \times 10^{-1}$       ⑤  $1.3 \times 10^{-1}$       ⑥  $2.6 \times 10^{-1}$

(物理問題終わり)