

# 理 科

(100点 60分)

	ページ	問題数
物理	1～12	4 問
化学	13～26	4 問
生物	27～45	6 問

## 注 意 事 項

1. この問題冊子は全部で45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。
2. 下表により1科目のみを選択し解答すること。

学 科	選 択 科 目
電気電子工学科 情報通信工学科	物理，化学から1科目選択
都市マネジメント学科 環境応用化学科 建築学科 産業デザイン学科 生活デザイン学科	物理，化学，生物から1科目選択

3. 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。
4. 解答用紙は共通でマーク式解答用紙1枚である。
5. 解答用紙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	⑬	⑭
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6. 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。
7. 一つの解答欄に二つ以上マークした場合，その解答欄の解答は無効となる。
8. マーク式解答用紙は，折り曲げたり，破ったり，汚したりしないこと。
9. この問題冊子の余白は，計算などに利用してもよい。
10. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。

# 物 理

1 インターネットで「太陽の質量」と入れて検索すると、数値が表示される。太陽をはかりにのせることはできないのにどうやって質量の値を知ることができるのだろうか。太陽の質量を求める方法を考えていくことにしよう。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。各天体の半径は、天体間の距離と比較して無視できるほど小さい。

太陽と地球は万有引力でたがいに引き合っている。一般に 2 つの物体間にはたらく万有引力の大きさは距離の 2 乗に反比例し、2 つの物体の質量の積に比例する。このときの比例係数を万有引力定数とよび、 $G$  で表す。太陽と地球の質量をそれぞれ  $m_S$ 、 $m_E$ 、太陽と地球の間の距離を  $r_{SE}$  とする。太陽と地球の間にはたらく万有引力の大きさ  $F$  は

$$F = \boxed{\hspace{2cm}} \quad (1)$$

と表される。

問 1. 文章中の  $\boxed{(1)}$  にあてはまるものはどれか。

$\boxed{1}$

- ①  $G \frac{m_S m_E}{r_{SE}}$       ②  $G \frac{m_S^2 m_E^2}{r_{SE}}$       ③  $G \frac{m_S m_E}{r_{SE}^2}$   
④  $G \frac{r_{SE}}{m_S m_E}$       ⑤  $G \frac{r_{SE}^2}{m_S^2 m_E^2}$       ⑥  $G \frac{r_{SE}^2}{m_S m_E}$

問 2. 国際単位系で万有引力定数の値を表記すると

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \quad \boxed{\hspace{2cm}} \quad (2)$$

である。 $\boxed{(2)}$  には  $G$  の単位が入る。 $\boxed{(2)}$  にあてはまるものはどれか。

$\boxed{2}$

- ①  $\text{m/kg}^2$       ②  $\text{m}^2/\text{kg}$       ③  $\text{m}^2/\text{kg}^2$   
④  $\text{Nm/kg}^2$       ⑤  $\text{Nm}^2/\text{kg}$       ⑥  $\text{Nm}^2/\text{kg}^2$

地球は太陽のまわりを周期  $T = 1$  年で公転する。地球の公転運動を太陽を中心とする等速円運動であると近似し、また、 $m_S \gg m_E$  として考える。等速円運動をする地球にはたらく向心力の大きさ  $F'$  を  $T$  を用いた式で表すと

$$F' = \boxed{\hspace{2cm}} \quad (3)$$

である。この向心力は、地球と太陽のあいだにはたらく万有引力がそのはたらきをしているので、 $F' = F$  である。このことから太陽の質量は

$$m_S = \boxed{\hspace{2cm}} \quad (4)$$

と表される。この式より、距離  $r_{SE}$  の値を知れば  $m_S$  の値を求められることがわかる。

問 3. 文章中の  $\boxed{(3)}$  にあてはまるものはどれか。

$\boxed{3}$

- ①  $m_E r_{SE}^2 \left( \frac{2\pi}{T} \right)$     ②  $m_E r_{SE} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$     ③  $m_E r_{SE}^2 \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$   
 ④  $\frac{m_E}{r_{SE}^2} \left( \frac{2\pi}{T} \right)$     ⑤  $\frac{m_E}{r_{SE}} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$     ⑥  $\frac{m_E}{r_{SE}^2} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$

問 4. 文章中の  $\boxed{(4)}$  にあてはまるものはどれか。

$\boxed{4}$

- ①  $\frac{G}{r_{SE}} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^3$     ②  $\frac{G}{r_{SE}^2} \left( \frac{2\pi}{T} \right)$     ③  $\frac{G}{r_{SE}^3} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$   
 ④  $\frac{r_{SE}}{G} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^3$     ⑤  $\frac{r_{SE}^2}{G} \left( \frac{2\pi}{T} \right)$     ⑥  $\frac{r_{SE}^3}{G} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$

次に、地球から太陽までの距離  $r_{SE}$  を求めよう。地上から上弦または下弦の半月が見えるとき、地球から見た月には真横から太陽の光があたっている。このとき地球 (E)、月 (M)、太陽 (S) は図1のように三角形 EMS が直角三角形となるような配置になっている。図の中で  $r_{ME}$ 、 $r_{SM}$  はそれぞれ月と地球および太陽と月の間の距離である。半月と太陽が同時に見えているときに、地球から月の見える方向と太陽の見える方向の間の角  $\theta$  を測定する。この  $\theta$  を用いると  $r_{SE}$  は

$$r_{SE} = \boxed{\hspace{2cm}} \quad (5)$$

と表される。この式を使って  $r_{SE}$  を求めるためには、 $r_{ME}$  の値を測定する必要がある。

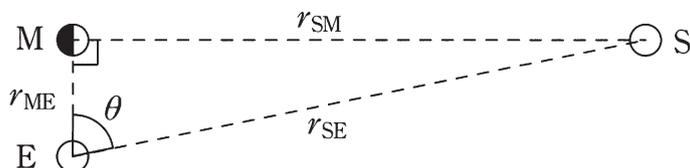


図 1

問 5. 文章中の  $\boxed{(5)}$  にあてはまるものはどれか。

$\boxed{5}$

- ①  $\frac{r_{ME}}{\sin \theta}$       ②  $\frac{r_{ME}}{\cos \theta}$       ③  $\frac{r_{ME}}{\tan \theta}$   
 ④  $\frac{r_{ME}}{\sin^2 \theta}$       ⑤  $\frac{r_{ME}}{\cos^2 \theta}$       ⑥  $\frac{r_{ME}}{\tan^2 \theta}$

地球から月までの距離  $r_{ME}$  を測るには光を用いる。月には月面着陸の際に人類が置いてきた鏡がある。地球からレーザー光を発射し、その光が月面の鏡で反射されて戻ってくるまでの時間  $t$  を測定することにより  $r_{ME}$  を求められる。光速を  $c$  とすると

$$r_{ME} = \boxed{\hspace{2cm}} \quad (6)$$

である。

問6. 文章中の  にあてはまるものはどれか

①  $\frac{1}{2}ct$                       ②  $ct$                       ③  $2ct$

④  $\frac{1}{2}ct^2$                       ⑤  $ct^2$                       ⑥  $2ct^2$

問7. 角  $\theta$  の測定値は  $89.85^\circ$ ，時間  $t$  の測定値は  $2.56 \text{ s}$ ，光速は  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  である。このとき  $r_{\text{SE}}$  の値はいくらか。最も近いものを選びなさい。必要ならば， $\sin(89.85^\circ) \doteq 1$ ， $\cos(89.85^\circ) \doteq 2.6 \times 10^{-3}$  となることを用いてよい。

[m]

①  $1.0 \times 10^{10}$                       ②  $1.5 \times 10^{11}$                       ③  $2.0 \times 10^{12}$

④  $1.0 \times 10^{20}$                       ⑤  $1.5 \times 10^{21}$                       ⑥  $2.0 \times 10^{22}$

問8. 太陽の質量はいくらか。最も近いものを選びなさい。

[kg]

①  $2 \times 10^{-30}$                       ②  $2 \times 10^{-20}$                       ③  $2 \times 10^{-10}$

④  $2 \times 10^{10}$                       ⑤  $2 \times 10^{20}$                       ⑥  $2 \times 10^{30}$

2 質量  $m$ 、電荷  $q$  の正に帯電した粒子の、電磁場中における運動について考える。  
 3次元直交座標系  $(x, y, z)$  を図1のようにとる。 $z$  軸の正の向きは紙面に垂直上向きとする。最初静止していた荷電粒子を、穴  $O_1$  からゆっくりと装置Iに入れる。装置I中には十分に大きい電極  $P_1, P_2$  が  $yz$  平面と平行に距離  $d$  離れて設置されている。直流電源を用いて極板間に電位差  $V$  を与えておくと、荷電粒子は加速され、穴  $O_2$  から装置Iを出た。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。すべての問いにおいて、電場は極板間で一様であり、極板の外に電場はないものとする。また、重力の影響は考えない。

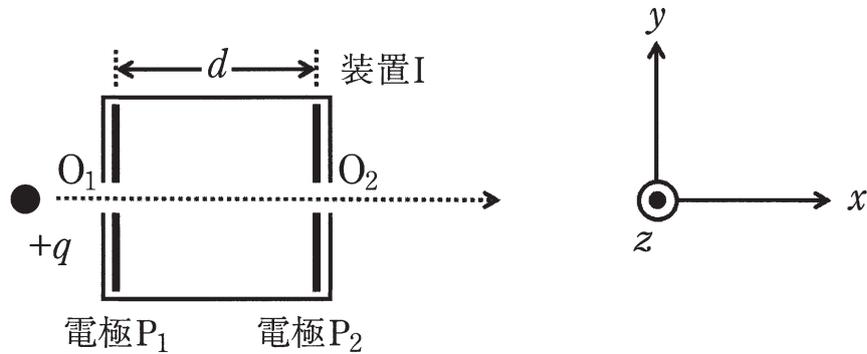


図 1

問 1. 荷電粒子が電極  $P_1, P_2$  間を通過しているとき、荷電粒子の加速度はいくらか。

9

- ①  $q \frac{d}{mV}$                       ②  $q \frac{mV}{d}$                       ③  $q \frac{md}{V}$   
 ④  $q \frac{V}{d}$                         ⑤  $q \frac{d}{V}$                         ⑥  $q \frac{V}{md}$

問 2. 荷電粒子が電極 P<sub>1</sub> を通過してから電極 P<sub>2</sub> に到達するまでの時間はいくらか。

10

- ①  $d\sqrt{\frac{m}{qV}}$       ②  $d\sqrt{\frac{qV}{m}}$       ③  $d\sqrt{\frac{2m}{qV}}$   
 ④  $d\sqrt{\frac{qV}{2m}}$       ⑤  $d\sqrt{\frac{m}{2qV}}$       ⑥  $d\sqrt{\frac{2qV}{m}}$

問 3. 荷電粒子が電極 P<sub>2</sub> に到達したときの速さはいくらか。

11

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

その後、図 2 のように、直進した荷電粒子は穴 O<sub>3</sub> から装置 II に入った。装置 II 中には一様で磁束密度の大きさ  $B$  の磁場が加えられている。荷電粒子は装置 II 中で半円を描き、穴 O<sub>4</sub> を通過して検出器に入った。O<sub>3</sub> と O<sub>4</sub> の間は  $L$  だけ離れている。

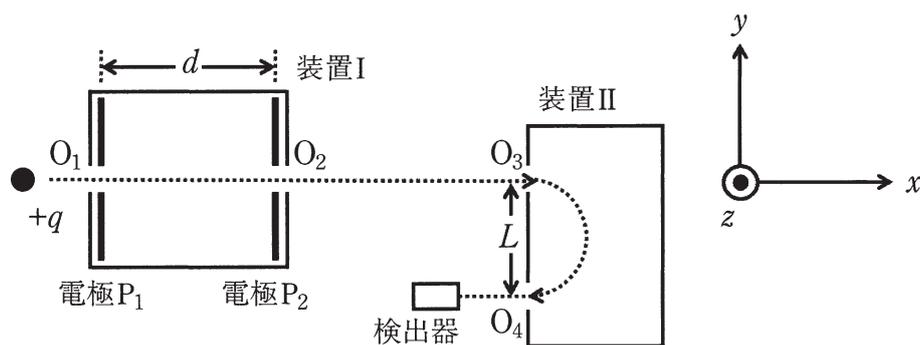


図 2

問 4. 装置 II 中の磁場の向きとして正しいものはどれか。

12

- ①  $x$  軸正方向      ②  $y$  軸正方向      ③  $z$  軸正方向  
 ④  $x$  軸負方向      ⑤  $y$  軸負方向      ⑥  $z$  軸負方向

問5. 距離  $L$  はいくらか。

13

- ①  $\frac{1}{B} \sqrt{\frac{2q}{mV}}$       ②  $\frac{2}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}}$       ③  $\frac{1}{B} \sqrt{\frac{q}{mV}}$   
 ④  $B \sqrt{\frac{2q}{mV}}$       ⑤  $B \sqrt{\frac{mV}{2q}}$       ⑥  $B \sqrt{\frac{q}{mV}}$

問6. 荷電粒子が穴  $O_3$  に入り、穴  $O_4$  から出てくるまでかかった時間はいくらか。

14

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

次に、装置 I の電場や装置 II の磁場は変えずに、図 3 のように装置 II 中に電極  $P_3, P_4$  を  $xz$  平面に平行に距離  $d'$  離して設置した。直流電源を用いて極板  $P_3$  と  $P_4$  の間に電位差  $V'$  をかけて図 2 と同様に荷電粒子を装置 II に入れたところ、荷電粒子は装置 II 中で曲がることなく直進した。

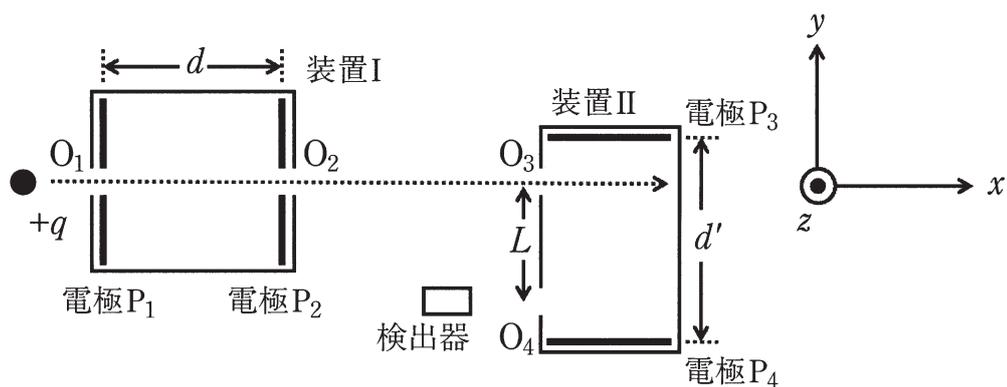


図 3

問7. 装置 II 中の電場の向きとして正しいものはどれか。

15

- ①  $x$  軸正方向      ②  $y$  軸正方向      ③  $z$  軸正方向  
④  $x$  軸負方向      ⑤  $y$  軸負方向      ⑥  $z$  軸負方向

問8. 電位差  $V'$  はいくらか。

16

- ①  $Bd'\sqrt{\frac{2qV}{m}}$       ②  $Bd'\sqrt{\frac{qV}{m}}$       ③  $Bd'\sqrt{\frac{qV}{2m}}$   
④  $\frac{B}{d'}\sqrt{\frac{2qV}{m}}$       ⑤  $\frac{B}{d'}\sqrt{\frac{qV}{m}}$       ⑥  $\frac{B}{d'}\sqrt{\frac{qV}{2m}}$

3  $x$  軸上を正の向きに進む正弦波がある。図1は  $x = 0$  m, 図2は  $x = 2.0$  m における媒質の変位  $y$  の時間変化である。ただし, 波長は  $2.0$  m よりも長いものとする。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。

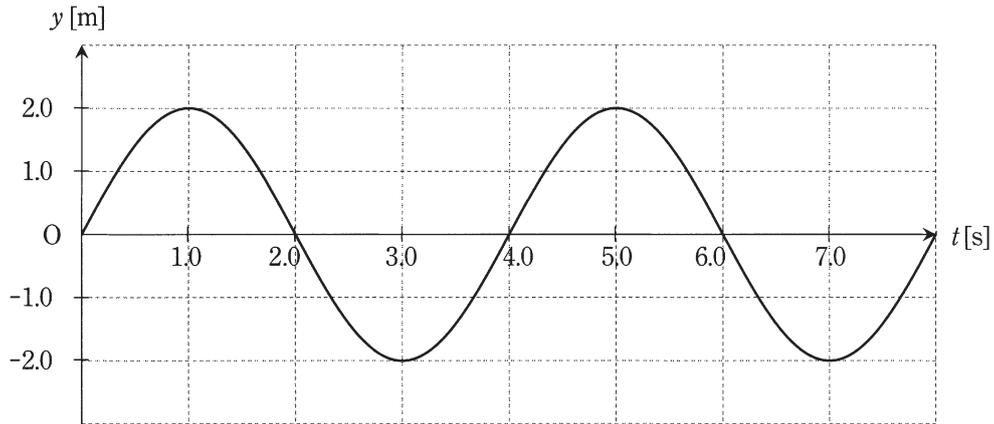


図 1

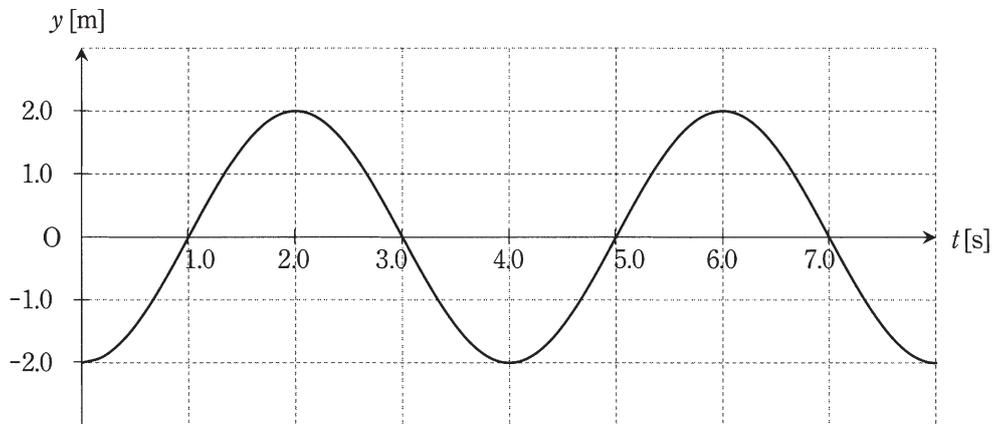


図 2

問 1. この波の振幅はいくらか。

17 [m]

- ① 1.0    ② 2.0    ③ 3.0    ④ 4.0    ⑤ 5.0    ⑥ 6.0    ⑦ 7.0

問2. この波の周期はいくらか。

[s]

- ① 1.0    ② 2.0    ③ 3.0    ④ 4.0    ⑤ 5.0    ⑥ 6.0    ⑦ 7.0

問3. この波の速さはいくらか。

[m/s]

- ① 0.50    ② 1.0    ③ 1.5    ④ 2.0    ⑤ 2.5    ⑥ 3.0    ⑦ 3.5

問4. この波の波長はいくらか。

[m]

- ① 3.0    ② 4.0    ③ 5.0    ④ 6.0    ⑤ 7.0    ⑥ 8.0    ⑦ 9.0

問5.  $x = 8.0$  m, 時刻  $t = 15$  s の媒質の変位はいくらか。

[m]

- ① -3.0    ② -2.0    ③ -1.0    ④ 0    ⑤ 1.0    ⑥ 2.0    ⑦ 3.0

- 4 図1のように、物質質量  $n$  の単原子分子理想気体とヒーターが入った容積  $V$  の容器とシリンダーがコックのついた細い管でつながられている。シリンダーにはピストンがついており、シリンダー内をなめらかに動くことができる。ピストンの断面積を  $S$  とする。はじめに、ピストンはシリンダーの奥まで押し込まれた状態でコックが閉じられており、容器内の圧力は大気圧  $P_0$  と等しかった。以下の各問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、ヒーター、細い管、コックの体積は無視できるものとする。また、気体定数は  $R$ 、単原子分子理想気体の定積モル比熱は  $\frac{3}{2}R$  である。

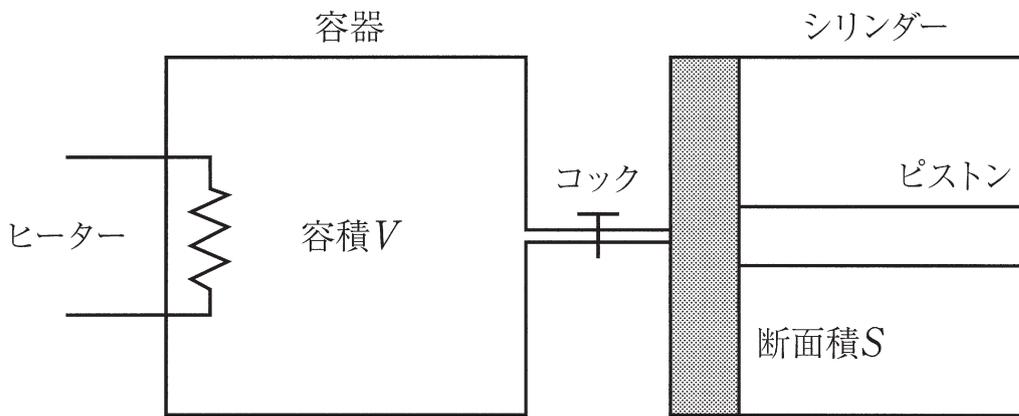


図 1

問 1. 気体と外部で熱の出入りが無いようにして、ヒーターから気体に熱量  $Q$  を与えた。気体の温度変化はいくらか。

22

- ①  $\frac{2Q}{5nR}$       ②  $\frac{2Q}{3nR}$       ③  $\frac{Q}{nR}$       ④  $\frac{3Q}{2nR}$       ⑤  $\frac{5Q}{2nR}$

問2. 問1の操作後に、装置全体の温度を一定に保ってコックを開けたところ、ピストンが図2の位置で静止した。このとき、シリンダーの奥からピストンまでの距離  $d$  はいくらか。

23

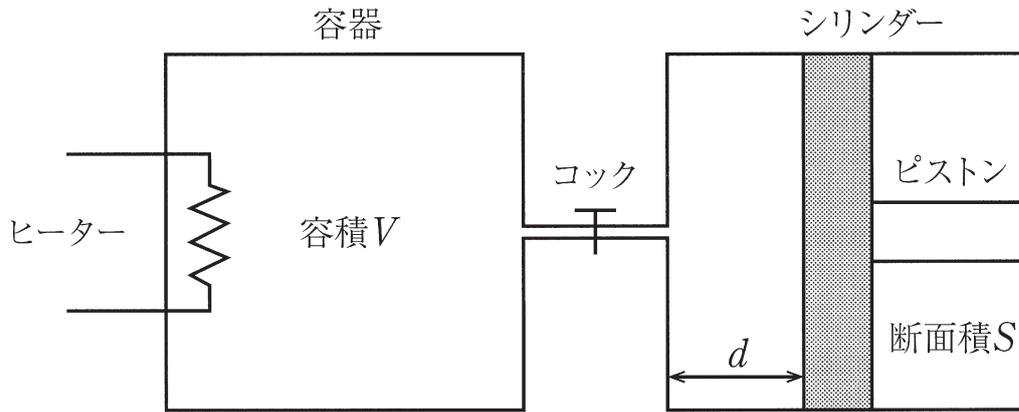


図2

- ①  $\frac{2Q}{5P_0S}$     ②  $\frac{2Q}{3P_0S}$     ③  $\frac{Q}{P_0S}$     ④  $\frac{3Q}{2P_0S}$     ⑤  $\frac{5Q}{2P_0S}$

問3. 装置をはじめの状態に戻し、コックを開き、気体と外部で熱の出入りがないうようにしてヒーターから気体にゆっくり熱量  $Q$  を与えた。気体の内部エネルギーの変化量はいくらか。

24

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

問4. 問3の操作後のシリンダーの奥からピストンまでの距離はいくらか。

25

- ①  $\frac{2Q}{5P_0S}$     ②  $\frac{2Q}{3P_0S}$     ③  $\frac{Q}{P_0S}$     ④  $\frac{3Q}{2P_0S}$     ⑤  $\frac{5Q}{2P_0S}$

(物理問題終わり)