

物 理

注 意

1. 問題は全部で13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(解答がイのとき)

1	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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(ア)～(ウ)にあ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(その1)の該当する記号をマークせよ。また、空欄(1)～(10)にあてはまる最も適切な式または数を解答用紙(その2)の解答欄に記入せよ。

(I) 図1-1のように、質量 M_A の小惑星探査機 A を地球から速さ v_0 で真上に打ち上げるとする。ただし、地球の質量と半径はそれぞれ M_E 、 S_E とする。また、万有引力定数を G とする。A が地球の万有引力に逆らって無限遠方まで飛んでいくための最小の速さ v_0 は (1) となる。このとき、地球の自転の影響や空気抵抗は無視してよい。A の質量を 2 倍にした時、 (ア) 。

(ア)の解答群

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| (a) v_0 は 2 倍大きくなる | (b) v_0 は $\frac{1}{2}$ 倍になる |
| (c) v_0 は変わらない | (d) v_0 は 4 倍大きくなる |
| (e) v_0 は $\frac{1}{4}$ 倍になる | (f) v_0 は $\sqrt{2}$ 倍大きくなる |
| (g) v_0 は $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になる | (h) v_0 は 8 倍大きくなる |
| (i) v_0 は $\frac{1}{8}$ 倍になる | (j) v_0 は 16 倍大きくなる |

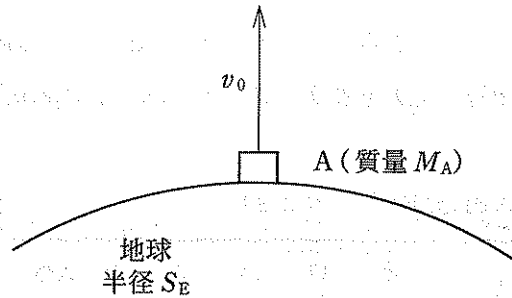


図 1-1

図1-2のように小惑星探査機Aを地球から打ち上げ、小惑星Bに到着し、その後再び地球に帰ってくる計画を考える。太陽、Bの質量をそれぞれ M_S 、 M_B とする。地球とBは、太陽までの距離がそれぞれ R_E 、 $R_B (> R_E)$ の円軌道で太陽の周りを公転しているとする。また、Bは半径 S_B の球と仮定する。地球とBの間の万有引力や、他の天体の引力は無視してよい。

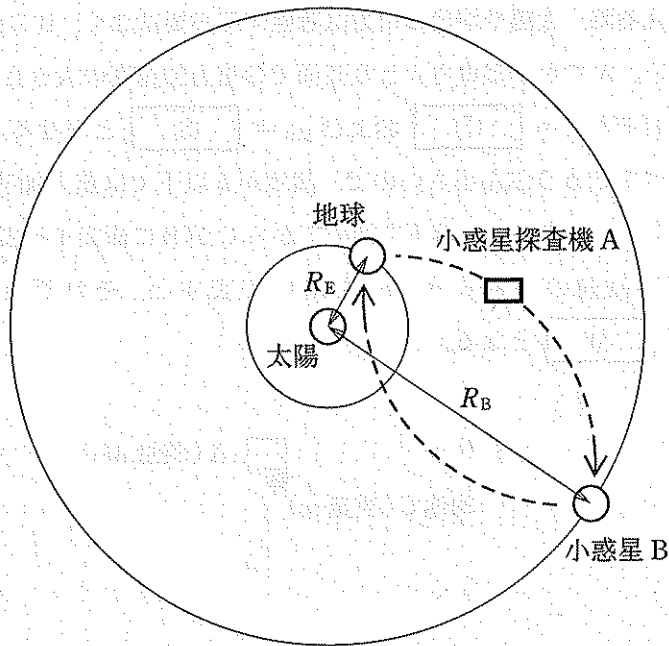


図1-2

(II) このような計画を立案するためには、地球やBと太陽の位置関係を知ることが重要である。地球と太陽の間に働く万有引力の大きさは となる。地球が太陽の周りを周回する公転周期を T_E とすると、地球に働く向心力は T_E と R_E を用いて となるので、地球の公転周期 T_E は と表せる。同様に、Bの公転周期 T_B は となる。地球の公転周期は1年なので、 $R_B = 4R_E$ の時、Bの公転周期は 年である。

(Ⅲ) A は長い旅の末に、図 1—3 のように B 近傍まで近づき、B の重心に対して静止した。B 表面からの高度は h であった。ただし、 h は S_B に比べてじゅうぶん小さい。A には、質量 m の大きさの無視できる物体 C が搭載されている。 m は M_A に比べてじゅうぶん小さい。A は搭載している C を B に向かって、B に対して初速度の大きさ 0 で自由落下させる。B に対する C の運動を考える時、太陽や地球の引力は考慮する必要はなく、B の引力だけを考えればよい。A にかかる重力 f と B 表面での重力加速度の大きさ g_B は、 S_B を用いてそれぞれ $f =$ および $g_B =$ と表せる。ただし、 h は S_B に比べてじゅうぶん小さいので、高度が h 以下では重力加速度の大きさは g_B としてよい。この時、落下を始めてから C が B に衝突するまでにかかる時間 t と衝突直前の速さ v_1 を、 g_B を用いて表すと、それぞれ $t =$, $v_1 =$ となる。

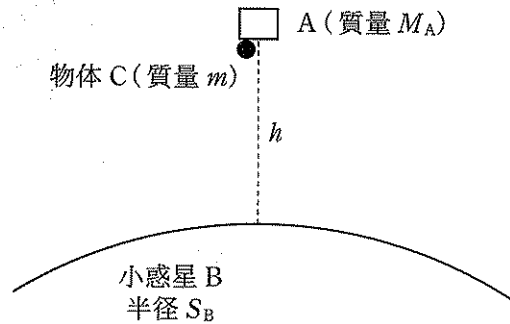


図 1—3

(Ⅳ) A は B を飛び立った後、地球に帰還する軌道に入った。その時の A の太陽からの距離は R_B 、速さは v_2 であった。太陽の万有引力だけを考えると、地球に到達するまでに、A の持つ位置エネルギーは だけ減少する。地球に到達した時にこの位置エネルギーがすべて A の運動エネルギーに変わると、A の速さは となる。

(イ)の解答群

(a) $GM_{\Lambda}M_S\left(\frac{1}{R_E^2} - \frac{1}{R_B^2}\right)$

(b) $GM_{\Lambda}\left(\frac{1}{R_E^2} - \frac{1}{R_B^2}\right)$

(c) $GM_S\left(\frac{1}{R_E^2} - \frac{1}{R_B^2}\right)$

(d) $GM_{\Lambda}M_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)^2$

(e) $GM_{\Lambda}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)^2$

(f) $GM_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)^2$

(g) $\frac{GM_{\Lambda}}{M_S}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)^2$

(h) $GM_{\Lambda}M_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)$

(i) $GM_{\Lambda}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)$

(j) $GM_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)$

(ウ)の解答群

(a) $\sqrt{\frac{2G}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(b) $\sqrt{2GM_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(c) $\sqrt{\frac{2GM_S}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(d) $\sqrt{v_2^2 + 2GM_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(e) $\sqrt{v_2^2 + \frac{2G}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(f) $\sqrt{v_2^2 + \frac{2GM_S}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(g) $\sqrt{v_2^2 - 2GM_S\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(h) $\sqrt{v_2^2 - \frac{2G}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(i) $\sqrt{v_2^2 - \frac{2GM_S}{M_{\Lambda}}\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_B}\right)}$

(j) $\sqrt{2GM_S\frac{1}{R_E}}$

- 2 以下の文章を読み、空欄(ア)～(エ)にあてはまる最も適切な語句をそれぞれの解答群から選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。また、空欄(a)～(j)にあてはまる数値を解答用紙(その3)の該当する解答欄に記入せよ。

図2-1で表される回路がある。 C_1 と C_2 は、電気容量がそれぞれ1F、2Fのコンデンサーである。 R_1 、 R_2 、 R_3 は、電気抵抗が1k Ω の抵抗である。電池の起電力は9Vであり、回路は図2-1の点 G_1 で接地されている。導線やスイッチの抵抗、電池の内部抵抗、および回路のインダクタンスは無視できるものとする。

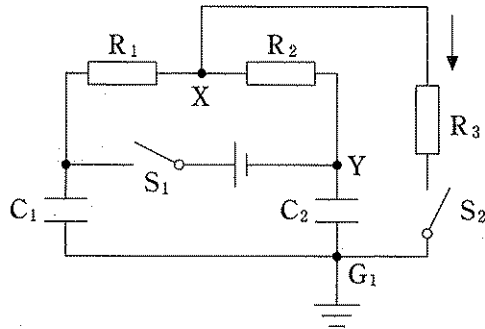


図2-1

最初、すべてのスイッチは開いており、またすべてのコンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。その後、以下の操作1、2を順に行った。

- 操作1： S_1 を閉じたのち、じゅうぶんに時間がたつまで放置する。
- 操作2： S_1 を閉じたまま S_2 を閉じたのち、じゅうぶんに時間がたつまで放置する。

操作1ののち、コンデンサー C_1 に蓄えられている電荷は Cである。このとき、図2-1の点Xにおける電位は Vである。

操作2ののち、コンデンサー C_2 に蓄えられている電荷は Cである。このとき、図2-1の点Yにおける電位は Vである。

操作2で S_2 を閉じた直後に抵抗 R_3 に電流が流れだすが、その後この電流は

- 大きさが ,
- 向きが ,

という振る舞いを示す。

(ア)の解答群

- (1) 時間とともに増加する (2) 時間とともに減少する
(3) 変化しない (4) いったん増加した後に減少する
(5) いったん減少した後に増加する

(イ)の解答群

- (1) 図2-1の矢印の方向である (2) 図2-1の矢印と反対方向である
(3) 時間とともに変わる

次に、図2-2で表される回路を考える。 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 は、電気容量がそれぞれ1F、2F、2F、1Fのコンデンサーである。 R_4 は、電気抵抗が1k Ω の抵抗である。電池の起電力は9Vであり、回路は図2-2の点 G_2 で接地されている。導線やスイッチの抵抗、電池の内部抵抗、および回路のインダクタンスは無視できるものとする。

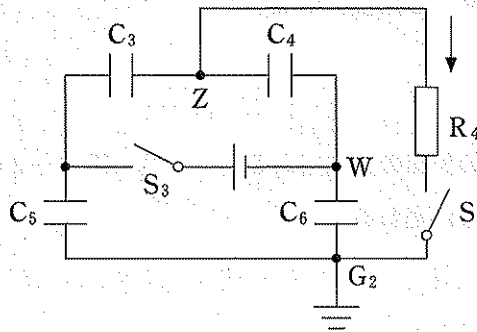


図2-2

最初、すべてのスイッチは開いており、またすべてのコンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。その後、以下の操作3、4を順に行った。

- 操作3： S_3 を閉じたのち、じゅうぶんに時間がたつまで放置する。
- 操作4：まず S_3 を開いたのちに S_4 を閉じ、じゅうぶんに時間がたつまで放置する。

操作3ののち、コンデンサー C_3 に蓄えられている電荷は (e) Cである。このとき、図2-2の点Zにおける電位は (f) Vである。また、

すべてのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの和は、 $\boxed{(g)}$ Jである。

操作4ののち、コンデンサー C_5 に蓄えられている電荷は $\boxed{(h)}$ Cである。このとき、図2-2の点Wにおける電位は $\boxed{(i)}$ Vとなる。また、すべてのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの和は、 $\boxed{(j)}$ Jである。

操作4で S_4 を閉じた直後に抵抗 R_4 に電流が流れたが、その後この電流は

- 大きさが $\boxed{(ウ)}$,
- 向きが $\boxed{(エ)}$,

という振る舞いを示す。

(ウ)の解答群

- (1) 時間とともに増加する
- (2) 時間とともに減少する
- (3) 変化しない
- (4) いったん増加した後に減少する
- (5) いったん減少した後に増加する

(エ)の解答群

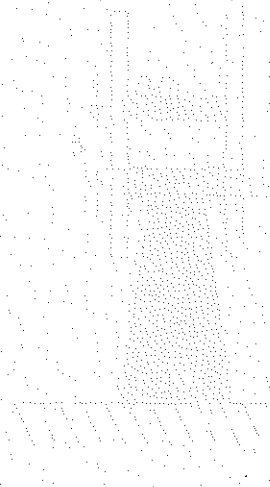
- (1) 図2-2の矢印の方向である
- (2) 図2-2の矢印と反対方向である
- (3) 時間とともに変わる

非有精義而後可也。故曰：『學以居之，不居不學。』

〇

〈余白〉

讀者諸君！
 本報自創刊以來，承蒙諸君之愛護，不勝感荷。本報之目的，在於傳播知識，服務社會，以期進步。茲因業務需要，特聘請各界名流，擔任本報之編輯及顧問。凡我僑胞，如有任何意見或建議，歡迎隨時向本報編輯部或顧問處提出。本報將竭誠歡迎，並予以採納。此致，敬頌諸君，生活愉快，事事如意。



凡我僑胞，如有任何意見或建議，歡迎隨時向本報編輯部或顧問處提出。本報將竭誠歡迎，並予以採納。此致，敬頌諸君，生活愉快，事事如意。

中華民國三十二年七月一日
 本報編輯部啟

本報地址：...
 電話：...
 廣告費：...

- 3 以下の文章を読み、空欄(ア)~(イ)にあてはまる最も適切な式をそれぞれの解答群から選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。問1については、解答のグラフを解答用紙(その3)の該当する解答欄に描け。

軸が鉛直方向を向いたシリンダーに、なめらかに動く質量 M 、断面積 S のピストンが二つついており、それらのピストンはシリンダーに固定することができる。上のピストンには上方に引くことができる糸がついている。シリンダー内には理想気体が入っており、その気体の温度は自由に変えられるものとする。大気圧を P_0 、重力加速度の大きさを g とし、シリンダーと糸、および気体の質量は無視できるものとする。

下のピストンをシリンダーに固定し、床の上の台に図3-1のように置いた。この状態において、シリンダーの中の気体の温度は T_0 、圧力 P は 、下のピストン上面と上のピストン下面の間の距離 l は l_0 であった(状態A)。気体の温度を T_0 から T_1 にあげると、距離 l は の位置でつりあった(状態B)。

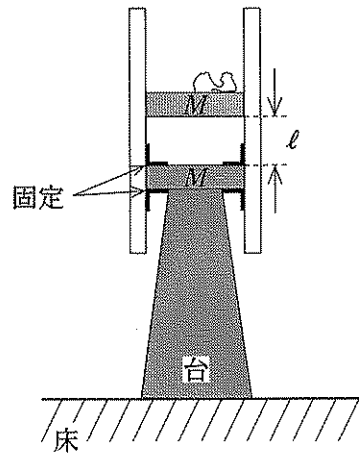


図3-1

(ア)の解答群：

- ① P_0 ② $P_0 + Mg$ ③ $P_0 + \frac{Mg}{S}$ ④ $P_0 + MgS$
 ⑤ $\frac{P_0 + Mg}{S}$ ⑥ $P_0 - Mg$ ⑦ $P_0 - \frac{Mg}{S}$ ⑧ $P_0 - MgS$
 ⑨ $\frac{P_0 - Mg}{S}$ ⑩ $P_0 - \frac{2Mg}{S}$

(イ)の解答群：

- ① l_0 ② $\frac{T_1}{T_0} l_0$ ③ $\frac{T_0}{T_1} l_0$
 ④ $\frac{T_1 - T_0}{T_0} l_0$ ⑤ $\frac{T_1 - T_0}{T_1} l_0$

次にシリンダー内の気体の温度を T_1 に保ちながら図 3-2 のように糸をゆっ
 くり引いた。糸の張力が $(ウ)$ のとき、シリンダーの中の圧力 P は P_0 とな
 り、 l は $(エ)$ となった(状態 C)。さらに気体の温度を T_1 に保ちながら糸
 の張力を少しずつ大きくしていくと、シリンダー内の圧力 P が $(オ)$, l が
 $(カ)$ になったとき、図 3-3 のように下のピストンが台からはなれた(状
 態 D)。

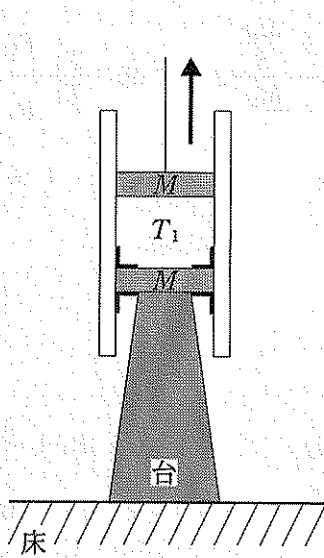


図 3-2

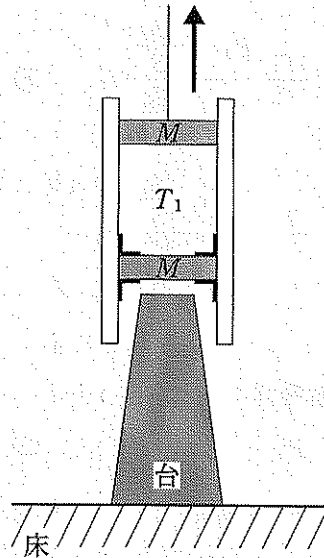


図 3-3

(ウ)の解答群：

- | | | |
|---------------|------------------------|------------------------|
| ① P_0 | ② $P_0 + Mg$ | ③ $P_0 + \frac{Mg}{S}$ |
| ④ $SP_0 + Mg$ | ⑤ $P_0 - Mg$ | ⑥ $P_0 - \frac{Mg}{S}$ |
| ⑦ $SP_0 - Mg$ | ⑧ $\frac{P_0 + Mg}{S}$ | ⑨ $\frac{P_0 - Mg}{S}$ |
| ⑩ Mg | | |

(エ) (カ)の解答群：

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\frac{T_1}{T_0} \frac{P_0 + \frac{Mg}{S}}{P_0} \ell_0$ | ② $\frac{T_0}{T_1} \frac{P_0 + \frac{Mg}{S}}{P_0} \ell_0$ | ③ $\frac{T_1}{T_0} \frac{P_0 - \frac{Mg}{S}}{P_0} \ell_0$ |
| ④ $\frac{T_0}{T_1} \frac{P_0 - \frac{Mg}{S}}{P_0} \ell_0$ | ⑤ $\frac{T_1}{T_0} \frac{P_0}{P_0 + \frac{Mg}{S}} \ell_0$ | ⑥ $\frac{T_0}{T_1} \frac{P_0}{P_0 + \frac{Mg}{S}} \ell_0$ |
| ⑦ $\frac{T_1}{T_0} \frac{P_0 - \frac{Mg}{S}}{P_0 + \frac{Mg}{S}} \ell_0$ | ⑧ $\frac{T_1}{T_0} \frac{P_0 + \frac{Mg}{S}}{P_0 - \frac{Mg}{S}} \ell_0$ | ⑨ $\frac{T_0}{T_1} \frac{P_0 - \frac{Mg}{S}}{P_0 + \frac{Mg}{S}} \ell_0$ |
| ⑩ $\frac{T_0}{T_1} \frac{P_0 + \frac{Mg}{S}}{P_0 - \frac{Mg}{S}} \ell_0$ | | |

(オ)の解答群：

- | | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| ① P_0 | ② $P_0 + Mg$ | ③ $P_0 + \frac{Mg}{S}$ |
| ④ $P_0 + MgS$ | ⑤ $\frac{P_0 + Mg}{S}$ | ⑥ $P_0 - Mg$ |
| ⑦ $P_0 - \frac{Mg}{S}$ | ⑧ $P_0 - MgS$ | ⑨ $\frac{P_0 - Mg}{S}$ |
| ⑩ $P_0 - \frac{2Mg}{S}$ | | |

状態Dの ℓ を保ったまま、上のピストンをシリンダーに固定し、次にシリンダー内の気体の温度を T_0 にもどした(状態E)。そして、図3—4のように糸の上端を天井に固定した。下のピストンの固定を解除し、気体の温度を T_0 に保ちながら下のピストンの位置を図3—5のように下からゆっくりと押し上げていったところ、 $\ell = \ell_0$ のときに上のピストンの糸の張力が0となった(状態F)。

このことから下のピストンの固定を解除する直前のシリンダー内の圧力 P は

(※) であつたと考えられる。

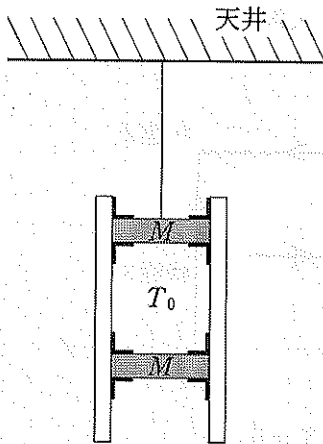


図 3—4

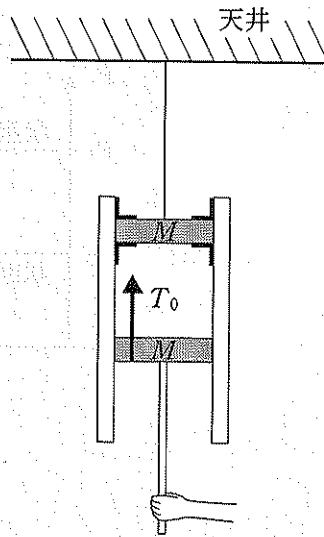


図 3—5

(*)の解答群：

- | | | |
|-------------------------|--|--|
| ① P_0 | ② $P_0 + \frac{Mg}{S}$ | ③ $P_0 - \frac{Mg}{S}$ |
| ④ $P_0 \frac{T_1}{T_0}$ | ⑤ $(P_0 + \frac{Mg}{S}) \frac{T_1}{T_0}$ | ⑥ $(P_0 - \frac{Mg}{S}) \frac{T_1}{T_0}$ |
| ⑦ $P_0 \frac{T_0}{T_1}$ | ⑧ $(P_0 + \frac{Mg}{S}) \frac{T_0}{T_1}$ | ⑨ $(P_0 - \frac{Mg}{S}) \frac{T_0}{T_1}$ |
| ⑩ $P_0 - \frac{2Mg}{S}$ | | |

問 1. 最初の状態 A から、上記のそれぞれの状態を経て状態 F にいたるまでの状態変化を考え、 l とシリンダー内の気体の温度 T 、および l とシリンダー内の圧力 P のグラフを描け。ただし、描き方として図 3—6 の記入例を参照し、また、状態 B、状態 C、状態 D のときの l を、それぞれ l_B 、 l_C 、 l_D としてグラフに記入せよ。 l と T 、および l と P のグラフは、それぞれ解答用紙(その 3)の図 3—7 および図 3—8 に描け。

記入例

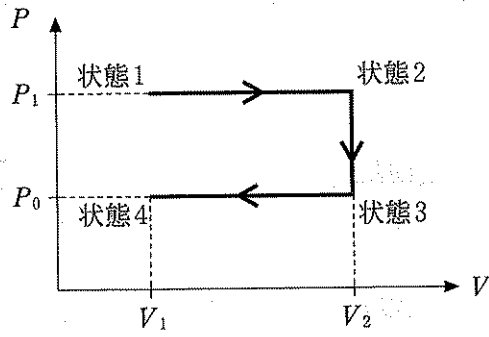


図 3—6

このように、状態1から状態2へは、圧力が一定で体積が増える。状態2から状態3へは、圧力が一定で体積が減る。状態3から状態4へは、圧力が一定で体積が増える。状態4から状態1へは、圧力が一定で体積が減る。このように、このサイクルは、圧力が一定で体積が増える過程と、圧力が一定で体積が減る過程とを繰り返す。

このように、このサイクルは、圧力が一定で体積が増える過程と、圧力が一定で体積が減る過程とを繰り返す。

