入学試験問題

理　　科

前

(配点 120 点)

令和 7 年 2 月 26 日　　9 時 30 分—12 時

注　意　事　項

1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。

2 問題はすべて新課程と旧課程とに共通です。

3 この問題冊子は全部で 93 ページあります(本文は物理 4 ～23 ページ，化学 24～43 ページ，生物 44～71 ページ，地学 72～93 ページ)。落丁，乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせなさい。

4 解答には，必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。

5 解答は，1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。

6 物理，化学，生物，地学のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。

7 **解答用紙の指定欄に，受験番号(表面 2 箇所，裏面 1 箇所)，科類，氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。**

8 **解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。**

9 解答用紙表面上方の指定された(　　　)内に，その用紙で解答する科目名を記入しなさい。

10 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち，その用紙で解答する科目の分のみ 1 箇所をミシン目に沿って正しく切り取りなさい。

11 **解答用紙の解答欄に，関係のない文字，記号，符号などを記入してはいけません。また，解答用紙の欄外の余白には，何も書いてはいけません。**

12 この問題冊子の余白は，草稿用に使用してもよいが，どのページも切り離してはいけません。

13 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

14 試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

◇M6(684—124)

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

物　　　　理

第１問

図１—１のように，３個のおもりと３本の棒を互いに固定した物体の運動を考える。ただし，図１—２のように，おもりＡに対して２本の棒はなめらかに回転できる。はじめ物体は，図１—１のように，おもりＡとおもりＢが水平な床に接するように置かれており，おもりＣはおもりＡの真上にある。おもりＣには水平に張られた糸がつながれており，糸を図の右方向に引く力の大きさをFとする。３個のおもりの質量はいずれもmであり，棒と糸の質量は考えなくてよい。おもりＡからおもりＢまでの距離，およびおもりＡからおもりＣまでの距離はいずれもdであり，おもりの大きさは考えなくてよい。また，重力加速度の大きさをgとする。

Ⅰ　まず，おもりＡが床に固定されている場合を考える。

(1)　図１—１の状態において，Fを徐々に大きくしていったところ，Fがある大きさに達したときにおもりＢが床から離れた。このときのFを求めよ。

(2)　糸を引き続けて，図１—２のように物体を傾けていくことを考える。おもりＢが床から離れてから糸を引く力がした仕事の大きさをWとする。Wがある大きさW_0を超えると，物体は倒れて，おもりＣは床に衝突する。W_0を求めよ。

Ⅱ　次に，おもりＡが床に固定されていない場合を考える。図１—１のようにおもりＡとおもりＢは床に接している。おもりＡと床との間の静止摩擦係数は$\mu\left(\mu < \frac{1}{3}\right)$であり，おもりＢと床との間には摩擦はない。

(1)　Fが小さく，物体が静止しているとき，おもりＢが床から受ける垂直抗力の大きさを，Fを含む式で表せ。

(2)　前問Ⅱ(1)のとき，おもりＡが床から受ける垂直抗力の大きさを，Fを含む式で表せ。

(3)　Fを徐々に大きくしていったところ，Fがある大きさに達したときに，おもりＢが床に接したまま物体が右に動き始めた。このときのFを求めよ。

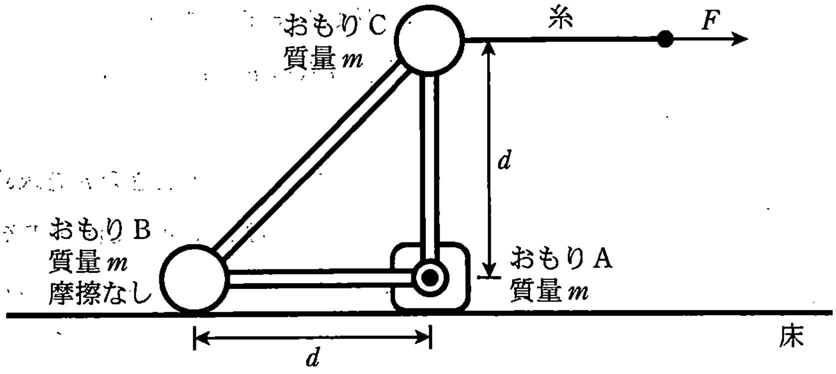


図1—1

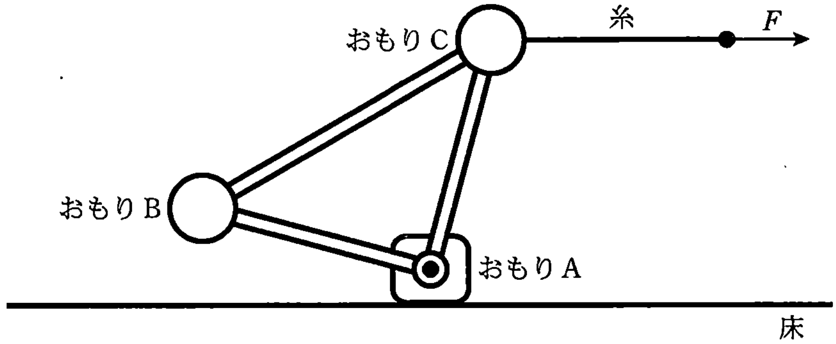


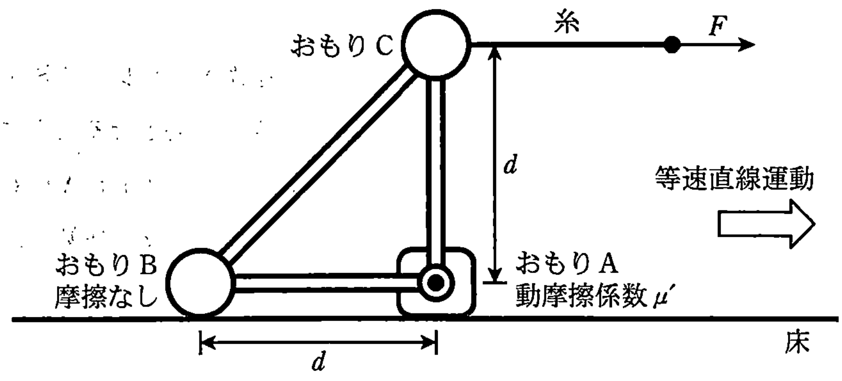
図1—2

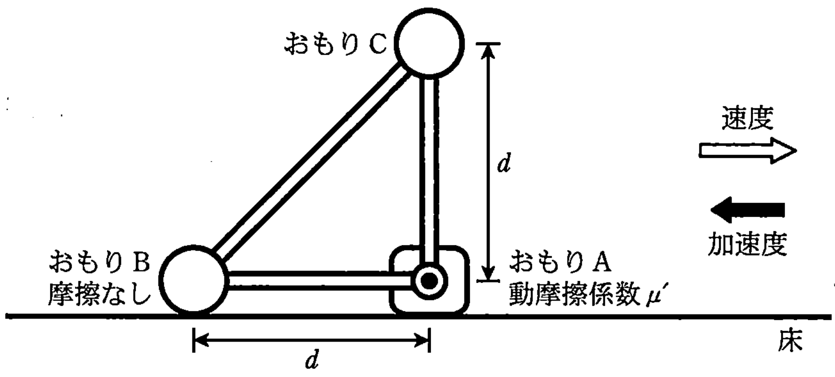
Ⅲ　最後に，おもりAとおもりBが床に接したまま，物体が右に動いている場合を考える。おもりAと床との間の動摩擦係数は μ' $\left(\mu' < \dfrac{1}{3}\right)$ であり，おもりBと床との間には摩擦はない。

(1)　図1—3のように，物体が等速直線運動をしているときの F を求めよ。

(2)　糸を引くのをやめて $F = 0$ にすると，物体は等加速度で減速する。このとき，図1—4に示すように，加速度は速度と逆向きであり，その大きさを $a\,(a > 0)$ とする。おもりBが床から受ける垂直抗力の大きさを，a を含む式で表せ。

(3)　前問Ⅲ(2)の a を求めよ。


おもりC
糸
F
d
等速直線運動
おもりB
摩擦なし
おもりA
動摩擦係数 μ′
d
床
図1—3

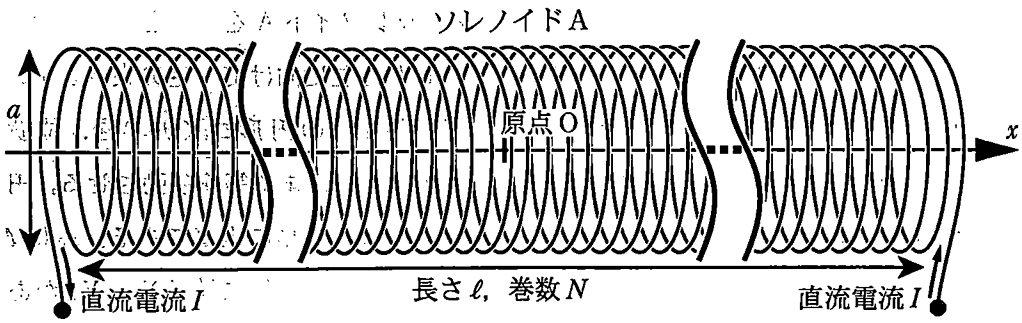

おもりC
速度
d
加速度
おもりB
摩擦なし
おもりA
動摩擦係数 μ′
d
床
図1—4

第2問

I　図2―1のように，真空中に直径 a，長さ ℓ，巻数 N のソレノイドAがある。その中心軸を x 軸にとり，原点Oをソレノイド A の中心となるようにとった。x 軸は右向きを正とする。ℓ は a より十分に大きい。ソレノイドAに右から左に向けて一定の大きさ I の直流電流を流す。真空の透磁率(磁気定数)を μ_0 として以下の設問に答えよ。

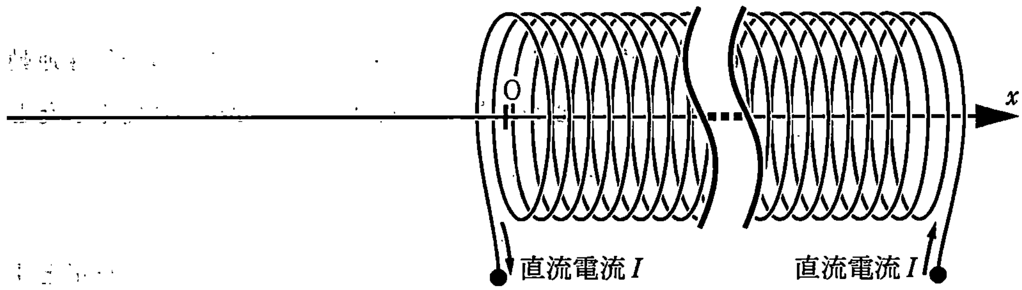
(1)　原点Oでの磁束密度の大きさ B_0 を求めよ。

(2)　ソレノイドAを中央で二分割して左半分($x < 0$)を取り除き，図2―2のように，右から左に向けて一定の大きさ I の直流電流を流した。このとき，原点O付近の磁力線は図2―3のように表される。原点Oにおける磁束密度の大きさ B_1 を，B_0 を用いて表せ。



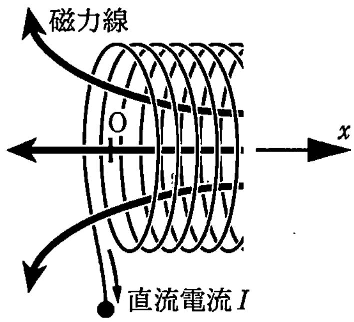
ソレノイドA
a
原点O
x
直流電流I
長さℓ，巻数N
直流電流I

図２―１



O
x
直流電流I
直流電流I

図２―２



磁力線
O
x
直流電流I

図２―３

Ⅱ　図2—4のように，設問Ⅰ(1)での長さℓのソレノイドAを，中心軸がx軸，左端面中心が原点Oとなるように固定し，右から左に向けて一定の大きさIの直流電流を流す。さらに，直径$b\,(b < a)$，巻数1の円形コイルBを，位置$x = -x_0\,(x_0 > 0)$からソレノイドA内部の位置$x = x_0$まで等速運動させる。円形コイルBの中心は常にx軸上にあり，コイル面はx軸に垂直である。x_0はℓより十分に小さい。また，円形コイルBには紙面の手前側に端子X_B，Y_Bがある。その端子間距離は十分に小さく，円形コイルBの電気抵抗と自己インダクタンスは無視できる。

(1)　端子X_B，Y_B間に抵抗値Rの電気抵抗を接続し，円形コイルBを等速運動させた。円形コイルBを貫く磁束が短い時間Δtの間に$\Delta\Phi$だけ変化したとき，円形コイルBに流れる電流の大きさI_Bを求めよ。

(2)　円形コイルB全体が磁場から受ける力をFとする。Fは右向きを正とする。前問Ⅱ(1)と同様に端子X_B，Y_B間に抵抗値Rの電気抵抗を接続し，円形コイルBを位置$x = -x_0$から$x = x_0$まで速さv_0で等速運動させたとき，xとFの関係を表すグラフの概形として最も適切なものを図2—5の(あ)～(し)から一つ選んで答えよ。

(3)　前問Ⅱ(2)において，電気抵抗の抵抗値をRから$2R$にすると，Fの大きさの最大値は何倍になるか，理由とともに答えよ。

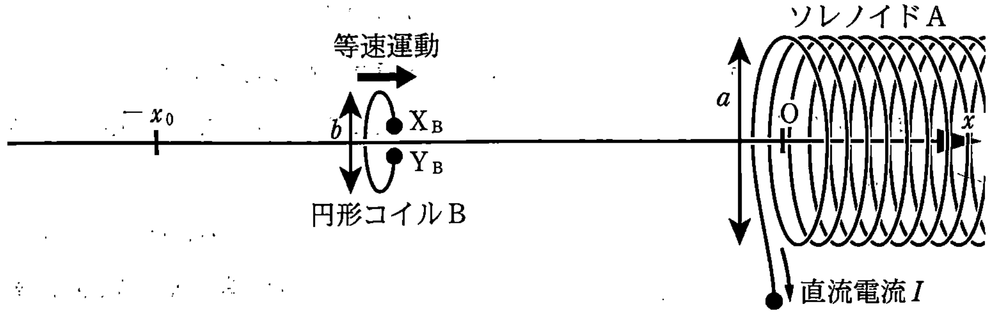

等速運動
ソレノイドA
$-x_0$
b
X_B
Y_B
a
O
x
円形コイルB
直流電流 I

図2—4

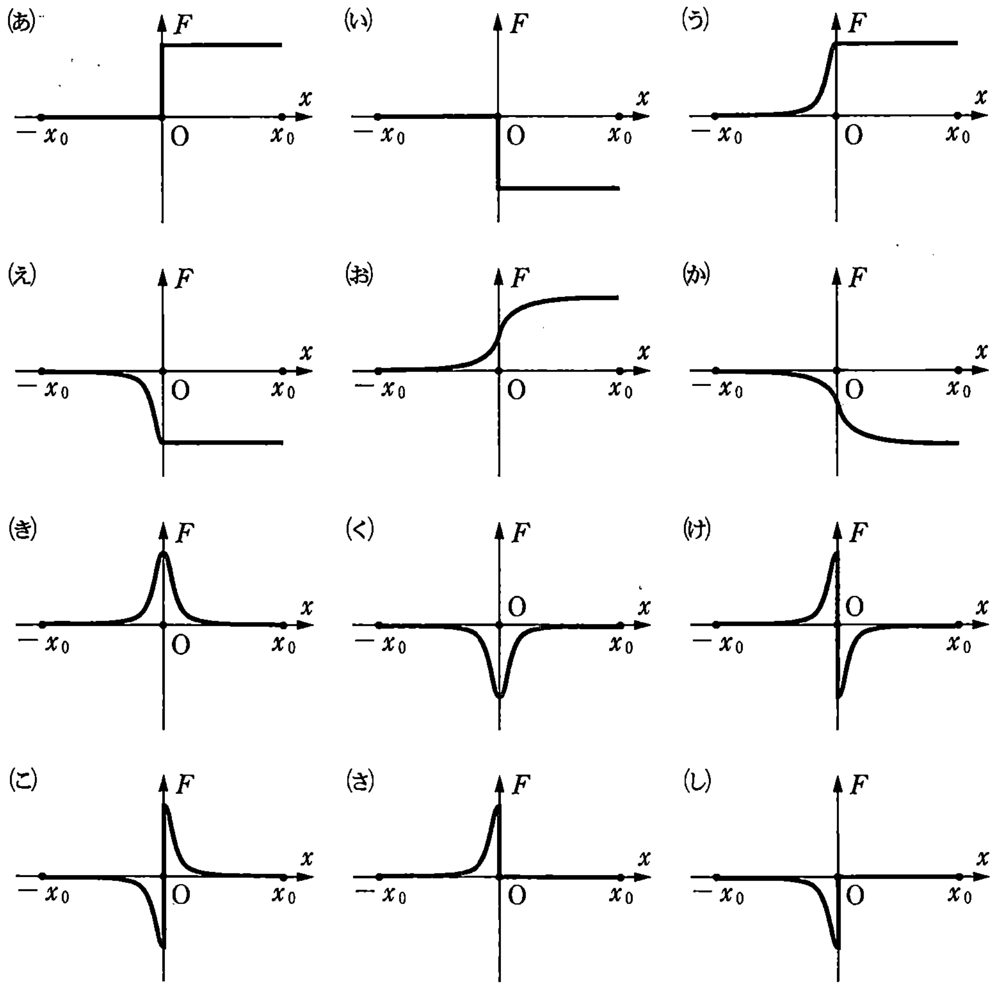

(あ)
(い)
(う)
(え)
(お)
(か)
(き)
(く)
(け)
(こ)
(さ)
(し)
F
x
$-x_0$
O
x_0

図2—5

(4) 図2—6に示す素子1～9は，抵抗値Rの電気抵抗，電気容量Cのコンデンサー，ダイオードからなる。ダイオードでは，順方向には抵抗0で電流が流れ，逆方向には流れないものとする。例えば素子4においては，紙面下向きには電流が流れ，上向きには流れない。

ソレノイドAに流す直流電流の向きを逆にし，左から右に向けて一定の大きさIの直流電流を流した。ここで，円形コイルBの端子X_B，Y_B間に素子1～9のうち一つを選んで接続し，円形コイルBを位置$x=-x_0$から$x=x_0$まで速さv_0で等速運動させる場合を考える。ただし，円形コイルBの端子X_Bに素子の端子Xを，端子Y_Bに素子の端子Yを接続するものとする。このとき，xとFの関係が，設問Ⅱ(2)と全く同じになる素子を図2—6の素子1～9からすべて選び，番号で答えよ。

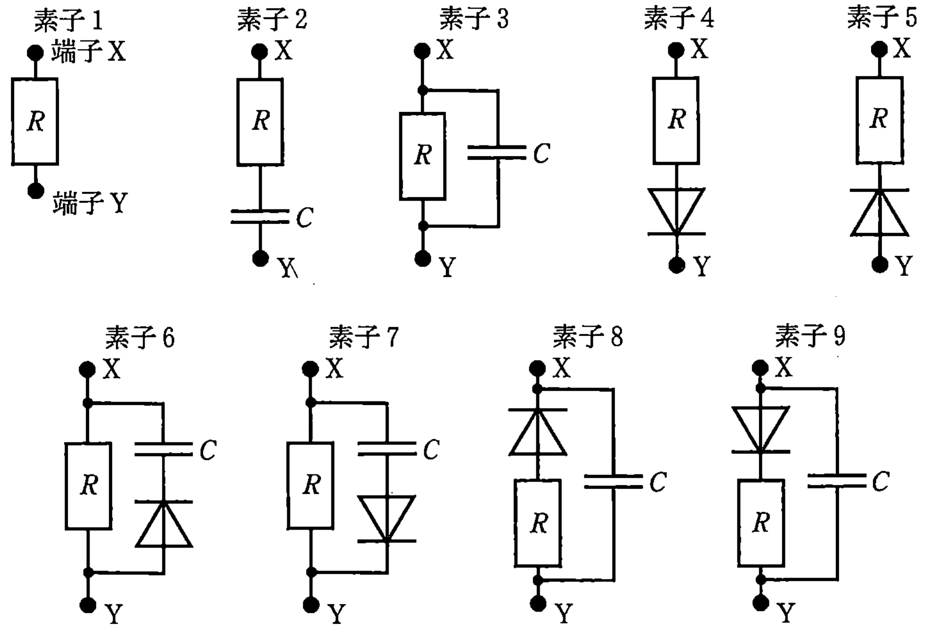

素子 1
端子 X
R
端子 Y
素子 2
X
R
C
Y
素子 3
X
R
C
Y
素子 4
X
R
Y
素子 5
X
R
Y
素子 6
X
R
C
Y
素子 7
X
R
C
Y
素子 8
X
C
R
Y
素子 9
X
C
R
Y

図 2 — 6

Ⅲ　図２―７のように，図２―４の状態からソレノイドＡを取り除き，代わりに直径a，巻数１の円形コイルＣを固定した。円形コイルＣの中心は原点Ｏに一致し，コイル面はx軸に垂直である。円形コイルＣに一定の大きさの直流電流を，左から見て反時計回りに流して磁場を作る。円形コイルＢの端子X_B，Y_B間に抵抗値Rの電気抵抗を接続し，円形コイルＢを位置$x = -x_0 (x_0 > 0)$から$x = x_0$まで等速運動させる。

円形コイルＢ全体が磁場から受ける力をFとする。Fは右向きを正とする。xとFの関係を表すグラフの概形を描け。なお，Fの最大値や最小値，それらをとるxの値を示す必要はない。

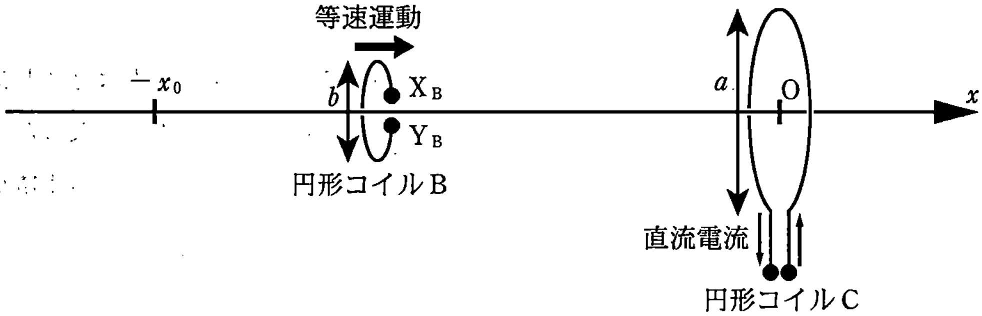


図2—7

第3問

運動する台車とピストンつき容器の中の単原子分子理想気体に関する以下の設問に答えよ。ただし，断熱変化において気体の圧力 p と体積 V についてポアソンの法則「$pV^{\frac{5}{3}}=$ 一定」が成り立つことを用いてよい。気体定数を R とする。台車と床との摩擦，およびピストンの質量は無視できる。ピストンつき容器の外側は真空である。台車の速度は右向きを正とする。

I　図3—1のように，なめらかに動くピストンつきの断熱容器が水平な床に固定されており，この容器に1モルの単原子分子理想気体が封入されている。はじめ，容器内の気体の体積は V_0，温度は T_0 であり，ピストンはストッパーの位置で静止している。このピストンに向かって質量 m の台車を速度 v_0 で運動させる。

この台車がピストンに接した時刻を t_0 とする。時刻 t_0 の後，台車はピストンを押し込み，気体の体積が V_1，温度が T_1 となったところで速度が0となった。この時刻を t_1 とする。その後，台車はピストンに押し返されて，気体の体積が V_0 に戻った時刻 t_2 でピストンから離れた。

(1)　時刻 t_0 における台車の運動エネルギー K_0 と容器内の気体の内部エネルギー U_0 を m，v_0，T_0，V_0，R のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(2)　T_1 と T_0 の比 $\dfrac{T_1}{T_0}$ を K_0 と U_0 のみを用いて表せ。

(3)　V_1 と V_0 の比 $\dfrac{V_1}{V_0}$ を K_0 と U_0 のみを用いて表せ。

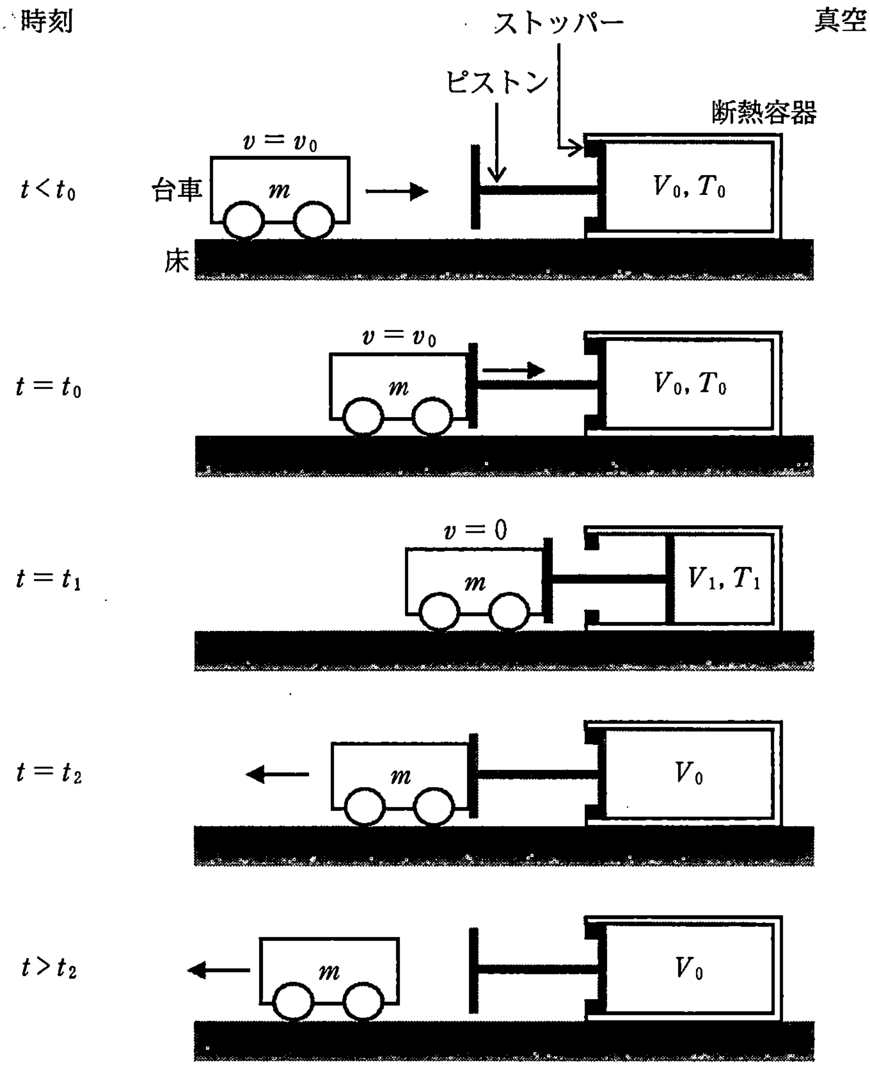

時刻
ストッパー
真空
ピストン
断熱容器
$t < t_0$
台車
$v = v_0$
m
V_0, T_0
床
$t = t_0$
$v = v_0$
m
V_0, T_0
$t = t_1$
$v = 0$
m
V_1, T_1
$t = t_2$
m
V_0
$t > t_2$
m
V_0

図3—1

(4) 時刻 t と台車の速度 v との関係を表すグラフとして最も適切なものを図3—2の①～⑨の中から選び，その理由も述べよ。

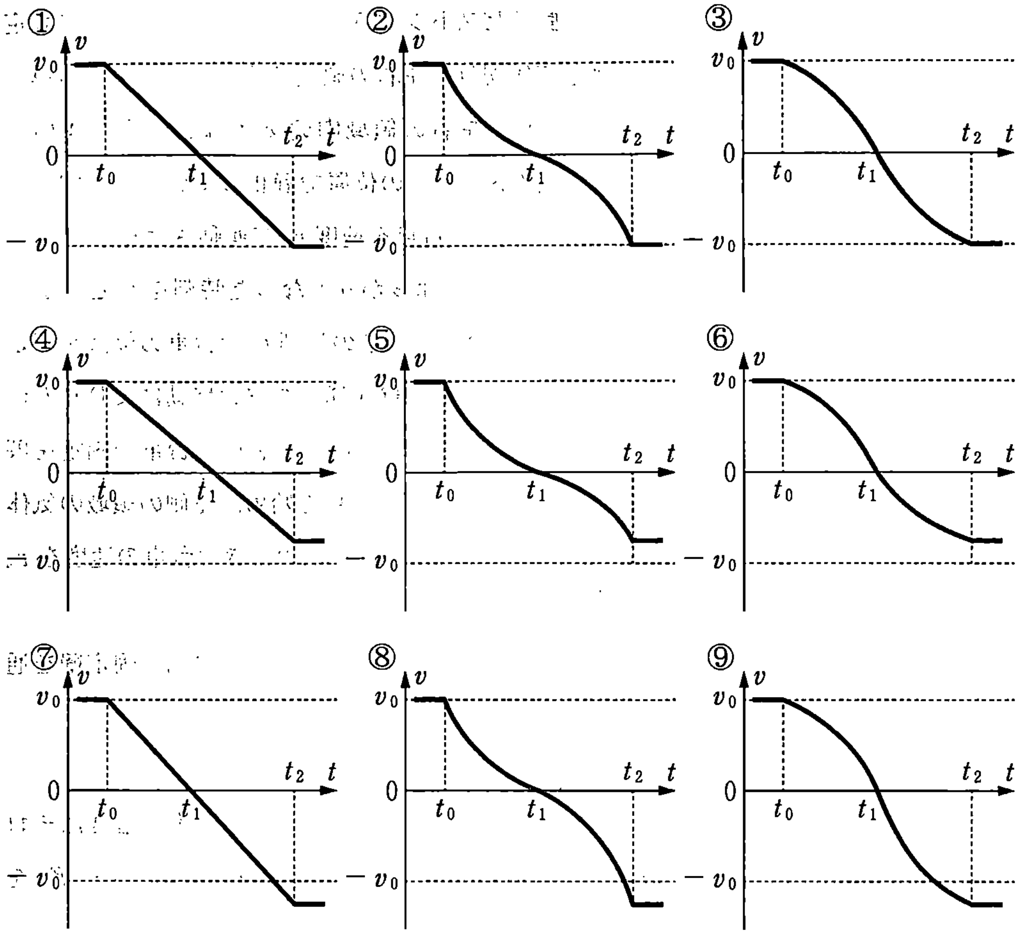


図3—2

II　図3—3のように，なめらかに動くピストンつきの断熱容器が水平な床に固定されている。容器の中央を固定壁で仕切り，左右の領域にそれぞれ1モルの単原子分子理想気体を封入した。はじめ，左右の領域内の気体はどちらも体積がV_0，温度がT_0であり，ピストンはストッパーの位置で静止している。設問Iと同様に，このピストンに向かって質量mの台車を速度v_0で運動させる。

台車が時刻t_0でピストンに接したのち，速度が0となった時刻をt_1とする。このとき左の領域の気体の温度はT_1になった。この時刻t_1で台車の位置を固定し，そのまま充分長い時間待ったところ，固定壁を通じた熱の移動により左右の領域の気体の温度はどちらもT_3になった。こののち，時刻t_3で台車の固定を解除したところ，台車はピストンに押されて左向きに動き始め，左側の領域の気体の体積がV_0に戻った時刻t_4でピストンから離れた。このときの台車の速度をv_4とする。

ピストンが動いていた時間t_1-t_0とt_4-t_3は充分短く，この間の固定壁を通じての熱の移動は無視できる。

(1)　台車がピストンから離れた時刻t_4における左右の領域の気体の温度はそれぞれT_4，T_3であった。t_4以降の時刻における台車の運動エネルギーK_4をR，T_3，T_4のうち必要なものを用いて表せ。

(2)　気体の温度T_0，T_1，T_3，T_4の間に成り立つ大小関係を

$$T_A \square T_B \square T_C \square T_D$$

の形で書け。ただし，A，B，C，Dにはそれぞれどの温度かを指定する数字(0，1，3，4)のいずれかがひとつずつ入り，各□には＝(等号)または＜(不等号)が入る。

(3)　v_4とv_0の大きさの比を$e=\left|\dfrac{v_4}{v_0}\right|$とする。時刻$t_0$における台車の運動エネルギー$K_0$と左側の領域の気体の内部エネルギー$U_0$のみを用いて$e$を表せ。

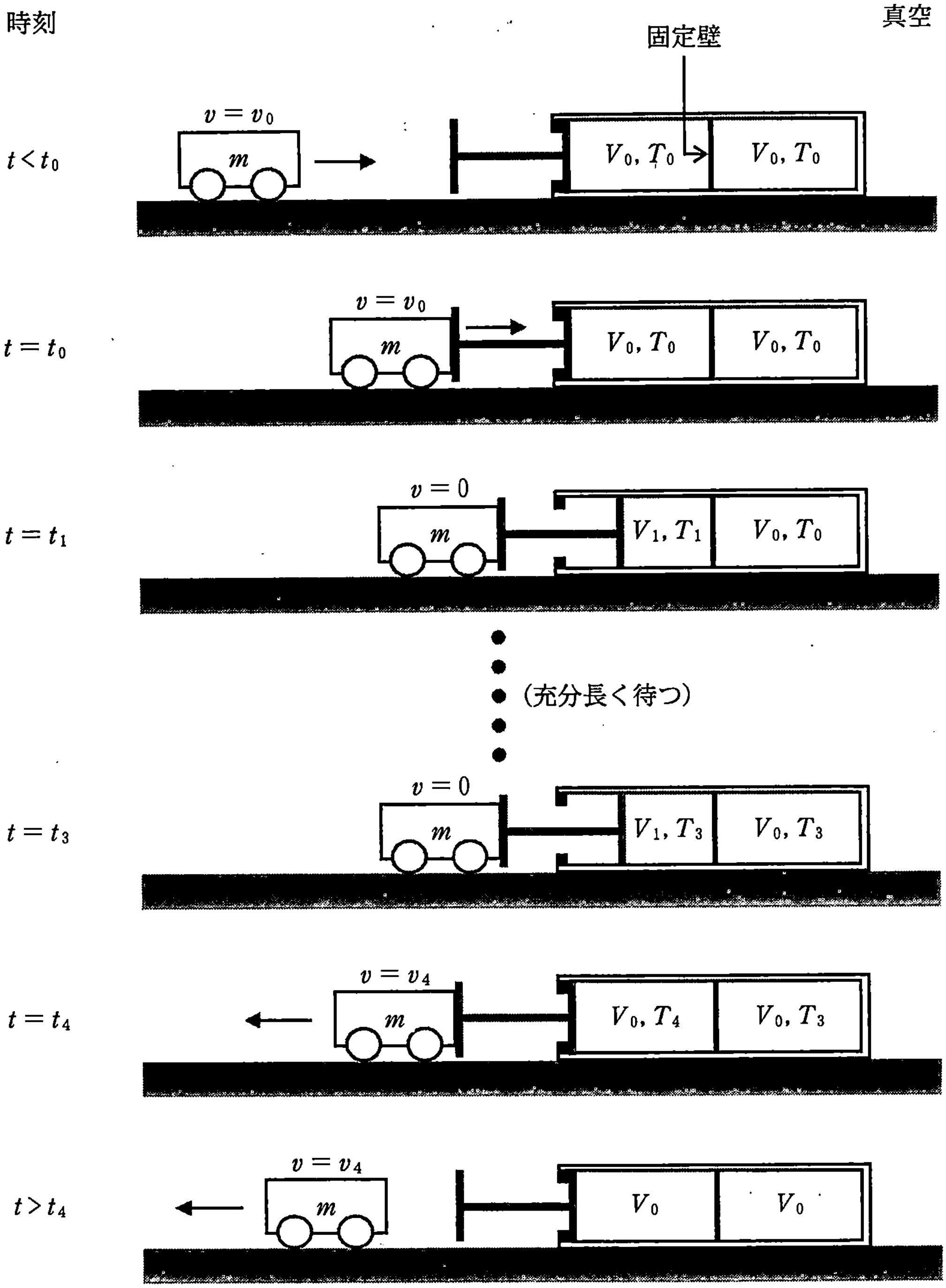

時刻
真空
固定壁
$t<t_0$
$v=v_0$
m
V_0, T_0
V_0, T_0
$t=t_0$
$v=v_0$
m
V_0, T_0
V_0, T_0
$t=t_1$
$v=0$
m
V_1, T_1
V_0, T_0
(充分長く待つ)
$t=t_3$
$v=0$
m
V_1, T_3
V_0, T_3
$t=t_4$
$v=v_4$
m
V_0, T_4
V_0, T_3
$t>t_4$
$v=v_4$
m
V_0
V_0

図 3 — 3

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計　算　用　紙

(切り離さないで用いよ。)