

物 理

注 意

1. 問題は全部で18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1のとき)

1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 0
---	----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

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)~(10)にあてはまる最も適切な数値、語句、または文章をそれぞれ解答群から選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。必要ならば表1の三角関数表、および、以下の近似公式を用いても良い。

$$\sqrt{1+x} \doteq 1 + \frac{1}{2}x, (|x| < 0.1)$$

$$\frac{1}{1+x} \doteq 1 - x, (|x| < 0.1)$$

$$(1+x)(1+y) \doteq 1 + x + y, (|x| < 0.1, |y| < 0.1)$$

以下では重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、すべての運動は紙面内に限るとする。答えの数値は3桁目を四捨五入して、有効数字2桁の精度で求めよ。

図1-1のように荷台と運転席が連結したトラックが水平面上に静止していた。このとき、荷台の床面は水平であった。運転席にある座席は硬く変形しない座面と背もたれによってできている。図1-1において、座面は水平であり(つまり鉛直方向は座面に垂直であり)、背もたれの平面は鉛直方向に平行であった(つまり背もたれの垂線は鉛直方向に垂直であり、かつ紙面内にあった)。以下では、座面も背もたれもなめらかで、かつ、運転手が座席にすわっているときは、運転手はつねに座面と背もたれに接しており、これらによってのみ支えられるものとする。

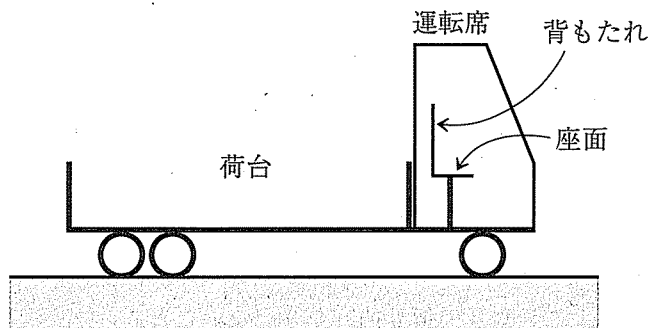


図1-1

運転手が水平面上に静止したトラックの座席にすわった。以下ではこのときに運転手が座面から受ける垂直抗力の大きさを N_0 [N] とする。運転手がトラックを発進させたところ、トラックは一定の加速度で水平面上を動きはじめ、
 (1) [s] 後に元の位置から 75 m 離れた地点で $v_0 = 15$ m/s の速さに達した。

空欄(1)に対する解答群

- ① 2.5 ② 5.0 ③ 7.5 ④ 10 ⑤ 12
 ⑥ 15 ⑦ 18 ⑧ 20 ⑨ 25 ⑩ 40

次にトラックは図1-2のように水平面と角度 $\theta = 10^\circ$ をなす斜面を一定の速さ v_0 で上った。トラックが斜面を上っているあいだに運転手が座面から受ける垂直抗力は (2) $\times N_0$ となり、背もたれから受ける垂直抗力は (3) $\times N_0$ となる。運転手の感じる重力の向きは座面に対する垂線と $\alpha =$ (4) の角度をなし、運転手はこの角度だけ座席が傾いていると感じる。

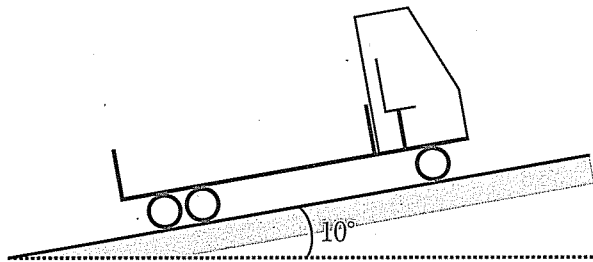


図1-2

空欄(2), (3)に対する解答群

- ① 0.10 ② 0.17 ③ 0.20 ④ 0.25 ⑤ 0.34
 ⑥ 0.50 ⑦ 0.90 ⑧ 0.94 ⑨ 0.98 ⑩ 1.0

空欄(4)に対する解答群

- ① 10° ② 12° ③ 14° ④ 16° ⑤ 18°
 ⑥ 20° ⑦ 25° ⑧ 30° ⑨ 35° ⑩ 45°

表1 三角関数表

角度(°)	sin	cos	tan
0.0	0.0000	1.0000	0.0000
0.5	0.0087	1.0000	0.0087
1.0	0.0175	0.9998	0.0175
1.5	0.0262	0.9997	0.0262
2.0	0.0349	0.9994	0.0349
2.5	0.0436	0.9990	0.0437
3.0	0.0523	0.9986	0.0524
3.5	0.0610	0.9981	0.0612
4.0	0.0698	0.9976	0.0699
4.5	0.0785	0.9969	0.0787
5.0	0.0872	0.9962	0.0875
5.5	0.0958	0.9954	0.0963
6.0	0.1045	0.9945	0.1051
6.5	0.1132	0.9936	0.1139
7.0	0.1219	0.9925	0.1228
7.5	0.1305	0.9914	0.1317
8.0	0.1392	0.9903	0.1405
8.5	0.1478	0.9890	0.1495
9.0	0.1564	0.9877	0.1584
9.5	0.1650	0.9863	0.1673
10.0	0.1736	0.9848	0.1763
10.5	0.1822	0.9833	0.1853
11.0	0.1908	0.9816	0.1944
11.5	0.1994	0.9799	0.2035
12.0	0.2079	0.9781	0.2126
12.5	0.2164	0.9763	0.2217
13.0	0.2250	0.9744	0.2309
13.5	0.2334	0.9724	0.2401
14.0	0.2419	0.9703	0.2493
14.5	0.2504	0.9681	0.2586
15.0	0.2588	0.9659	0.2679
15.5	0.2672	0.9636	0.2773
16.0	0.2756	0.9613	0.2867
16.5	0.2840	0.9588	0.2962
17.0	0.2924	0.9563	0.3057
17.5	0.3007	0.9537	0.3153
18.0	0.3090	0.9511	0.3249
18.5	0.3173	0.9483	0.3346
19.0	0.3256	0.9455	0.3443
19.5	0.3338	0.9426	0.3541
20.0	0.3420	0.9397	0.3640
20.5	0.3502	0.9367	0.3739
21.0	0.3584	0.9336	0.3839
21.5	0.3665	0.9304	0.3939
22.0	0.3746	0.9272	0.4040
22.5	0.3827	0.9239	0.4142
23.0	0.3907	0.9205	0.4245
23.5	0.3987	0.9171	0.4348
24.0	0.4067	0.9135	0.4452
24.5	0.4147	0.9100	0.4557
25.0	0.4226	0.9063	0.4663

<余 白>

続いて運転手がトラックをさらに加速させたところ、トラックは斜面に沿って上方へ大きさ $0.10 g [m/s^2]$ の等加速度運動を行った。このとき、運転手にとって、自分自身には と呼ばれる力が働くように感じる。運転手に働く重力と の合力を $\vec{F} [N]$ とし、その大きさを $F [N]$ とすると、

$$\frac{F - N_0}{N_0} = \text{ }$$

である。また、合力 \vec{F} と鉛直下向きとのなす角は となり、一定の速さで斜面を上る場合と比べて、運転手は座席がより傾いていると感じる。また、運転手が座面から受ける垂直抗力は $\times N_0$ となり、背もたれから受ける垂直抗力は $\times N_0$ となる。

空欄(5)に対する解答群

- | | | |
|----------|-------|--------|
| ① ローレンツ力 | ② 復元力 | ③ 浮力 |
| ④ 慣性力 | ⑤ 核力 | ⑥ 静電気力 |
| ⑦ 向心力 | ⑧ 偶力 | ⑨ 分子間力 |
| ⑩ 磁力 | | |

空欄(6)に対する解答群

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.011 | ② 0.017 | ③ 0.022 | ④ 0.033 | ⑤ 0.045 |
| ⑥ 0.057 | ⑦ 0.068 | ⑧ 0.077 | ⑨ 0.089 | ⑩ 0.095 |

空欄(7)に対する解答群

- | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ① 0° | ② 0.5° | ③ 1.5° | ④ 3.5° | ⑤ 5.5° |
| ⑥ 7.5° | ⑦ 9.5° | ⑧ 10° | ⑨ 45° | ⑩ 90° |

空欄(8), (9)に対する解答群

- | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.087 | ② 0.17 | ③ 0.27 | ④ 0.37 | ⑤ 0.47 |
| ⑥ 0.50 | ⑦ 0.62 | ⑧ 0.74 | ⑨ 0.85 | ⑩ 0.98 |

トラックが斜面を上りきり再び水平面に達したところで、運転手はトラックを静止させ、図1-3のように荷台に2個の荷物Aおよび荷物Bをのせた。2つの荷物は荷台に固定されておらず、互いにじゅうぶん離れていた。2つの荷物の表面の材質は異なり、荷物A、Bとトラックの荷台との静止摩擦係数はそれぞれ0.30、0.50であった。

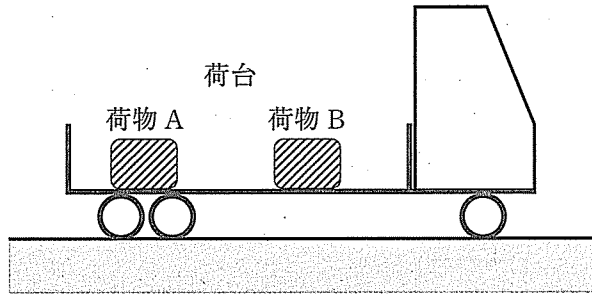


図1-3

再びトラックは動きはじめ、一定の速さ $v_0 = 15 \text{ m/s}$ で水平面上を走ったが、この間、荷物は荷台に対して静止していた。次に運転手がブレーキをかけたところ、トラックは4.0 sの間だけ等加速度運動をしたのち静止した。トラックが等加速度運動をはじめた直後、荷台から見て (10)。ただし、トラックが加速度運動しているあいだ、2つの荷物は荷台の床面以外には触れないものとする。

空欄(10)に対する解答群

- ① 2個の荷物はともに鉛直上向きに一瞬浮き上がった後に荷台にぶつかった
- ② 2個の荷物はともに静止したままであった
- ③ 荷物Aは静止したままで、荷物Bはトラックの進む向きに動いた
- ④ 荷物Bは静止したままで、荷物Aはトラックの進む向きに動いた
- ⑤ 荷物Aは静止したままで、荷物Bはトラックの進む向きとは反対の向きに動いた
- ⑥ 荷物Bは静止したままで、荷物Aはトラックの進む向きとは反対の向きに動いた
- ⑦ 2個の荷物はともにトラックの進む向きに動いた
- ⑧ 2個の荷物はともにトラックの進む向きとは反対の向きに動いた

2

以下の問題の解答を解答用紙(その2)の該当する解答欄に記入せよ。

I. 次の文章を読み、(1)から(5)の空欄に入る最も適切な文を以下の選択肢から選び、該当する解答欄に記入せよ。

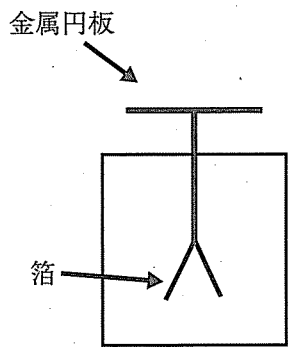
箔検電器と、同じ大きさの2本の不導体の棒A、Bを用意する。帯電していない棒A、BのAからBに正の電荷を移動させ、Aを負、Bを正に帯電させる。最初、図2-1の(a)のように箔検電器の箔は少し開いていたが、(b)のように棒Aを遠方から金属円板の十分近くまで徐々に近づけていったところ、箔は (1) 。これから最初、箔と導体円板は負に帯電していたことがわかる。次に(c)のように箔検電器の金属円板部分に、接地された導体線を触れさせたところ、箔は (2) 。次に導体線を触れさせたまま棒Aを(d)のように徐々に十分遠方まで遠ざけると、箔は (3) 。その後で(e)のように導体線を導体円板から離し徐々に遠方まで遠ざけると、箔は (4) 。その後で(f)のように棒Bを遠方から金属円板の部分に十分近くまで徐々に近づけていったところ、箔は (5) 。なお、(b)から(f)では箔の部分は隠してある。

(1), (3), (4), (5)の選択肢

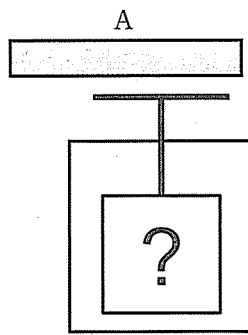
- a. その前の状態と変わらなかった
- b. その前の状態より徐々に閉じた
- c. その前の状態より徐々に開いた
- d. いったんその前の状態より徐々に閉じた後、徐々に開いた
- e. いったんその前の状態より徐々に開いた後、徐々に閉じた

(2)の選択肢

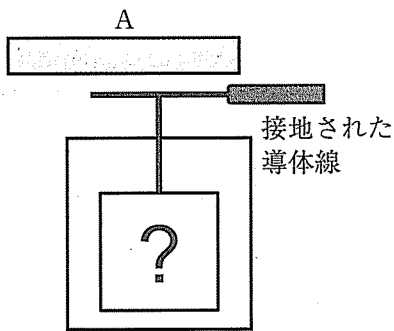
- a. その前の状態と変わらなかった
- b. その前の状態よりは閉じたが、完全には閉じなかった
- c. その前の状態より開いた
- d. 完全に閉じた



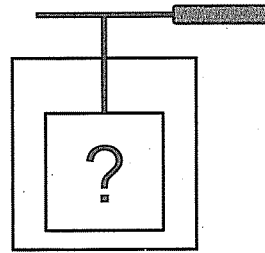
(a)



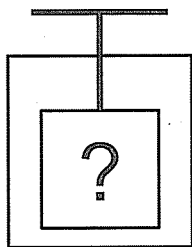
(b)



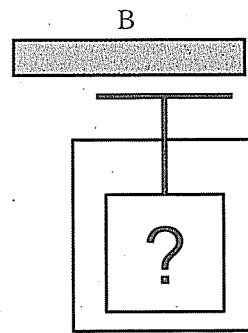
(c)



(d)



(e)



(f)

図 2—1

II. 以下の文章を読み空欄(1), (3), (5), (7), (9), (11)に入る適切な数字を該当する解答欄に記せ。さらに, 空欄(2), (4), (6), (8), (10), (12)に入る最も適切な向きを図2-2-eの矢印で示される選択肢から選び, 該当する解答欄に記せ。なお図2-2-c, d, eは鉛直軸に垂直な面内にあり, 図2-2-eの矢印aは図2-2-c, dの(ア)から(イ)に向かっている。また, 隣り合う矢印はお互いに 30° の角度をなしている。

図2-2-aに示すように鉛直軸に平行で距離 r 離れた十分に長く細い2本の導線(ア), (イ)に同じ大きさの電流 I を鉛直上向きに流した。このとき, 導線(ア), (イ)の単位長さの部分はいずれも大きさ F_0 の力を受けた。

(i) 次に, 図2-2-bのように鉛直軸に平行で一辺が距離 r の正三角形を作る十分に長く細い3本の導線(ア), (イ), (ウ)に同じ大きさの電流 I を鉛直上向きに流した。図2-2-cは真上から見た図である。◎は紙面の裏から表へ向かう向きを表す。このとき, 導線(ア)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは , 導線(イ)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは , 導線(ウ)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは である。

(ii) 次に図2-2-dに示すように導線(ア)に流れる電流の大きさはそのまま, 向きを逆にした。ここで, ⊗は紙面の表から裏へ向かう向きを表す。このとき, 導線(ア)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは , 導線(イ)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは , 導線(ウ)の単位長さの部分が受ける力の大きさは $\times F_0$, 向きは である。

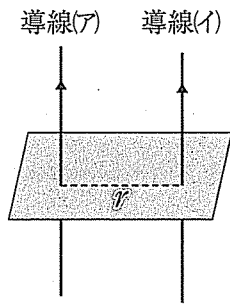


図 2-2-a

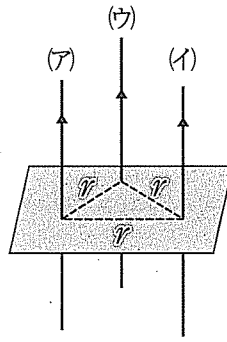


図 2-2-b

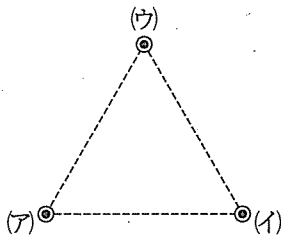


図 2-2-c

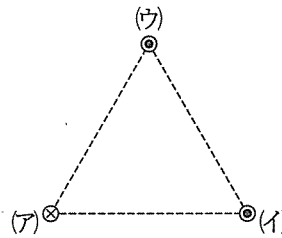


図 2-2-d

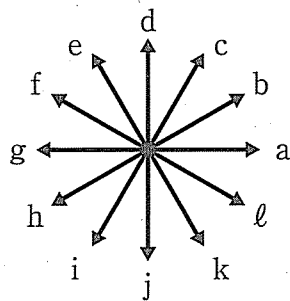


図 2-2-e

Ⅲ. いま、図2—3—aのように十分小さな棒磁石を鉛直上方を正の向きとする z 軸上にN極を上向きとしてその中心が原点と一致するようにおく。棒磁石より十分大きな半径の円形回路が z 軸を中心としてその面を z 軸に垂直に保ったまま十分上方から十分下方へ一定速度で動く。円形回路が原点を横切る時刻を $t=0$ とする。

このとき、円形回路に生じる起電力の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを図2—3—bの(a)から(j)の選択肢の中から選び該当する解答欄に記入しなさい。起電力は図2—3—aの黒い矢印で示すように z 軸の正の方向に右ねじが進むとき回る方向を正とする。

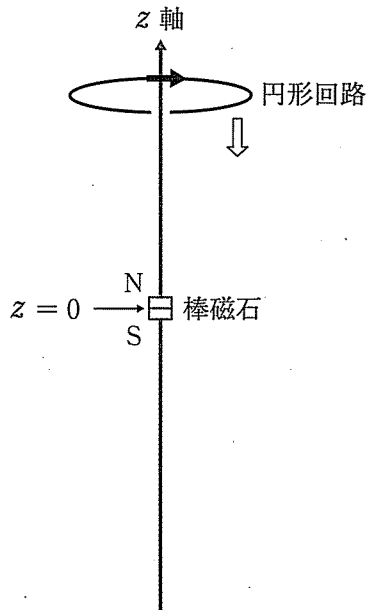


図2—3—a

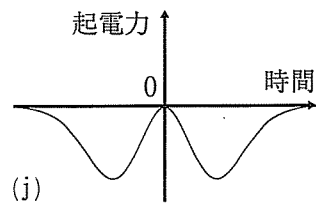
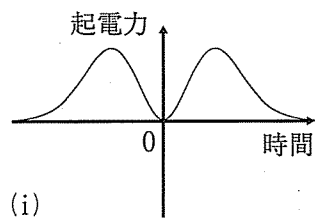
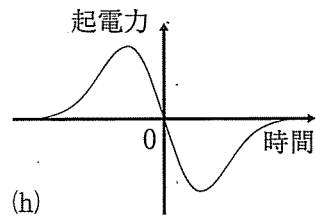
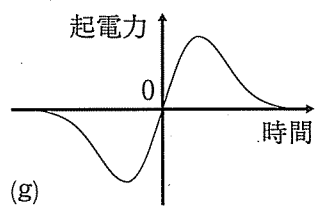
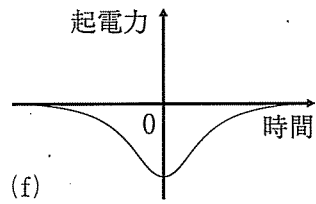
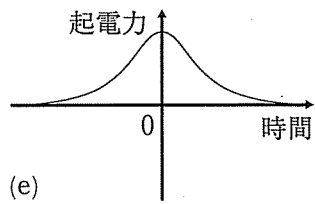
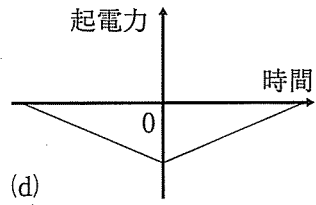
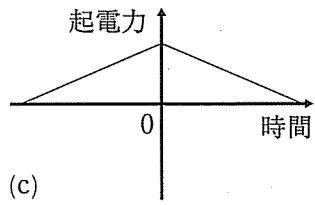
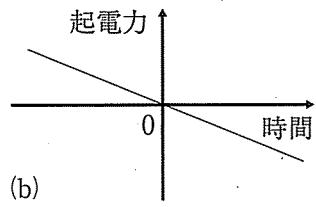
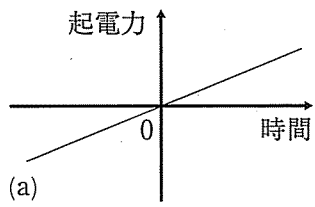


圖 2—3—b

IV. 図2—4のようにxz面およびyz面に平行な面を持ち±z方向には無限に長い直方体状の領域に、有限で一様な磁束密度 $\vec{B}_0 = (0, 0, B_0)$ の磁場がかかっている。ただし $B_0 > 0$ である。この領域外では磁束密度 $\vec{B} = (0, 0, 0)$ である。図2—4に示すように一定の速度の大きさ v_0 を持った電子が速度 $\vec{v} = (0, v_y, v_z)$ で点Pからこの領域に飛び込む。速度 $(0, v_0, 0)$ で飛び込んだ電子の磁場がかかっている領域内の軌跡(運動の跡)のxy面への投影図を図2—4のなかにAとして記す。このとき、飛び込んだ電子の磁場がかかっている領域内の軌跡のxy面への投影図としてA以外にあり得るものをbからiの中から全て選び該当する解答欄に記入しなさい。

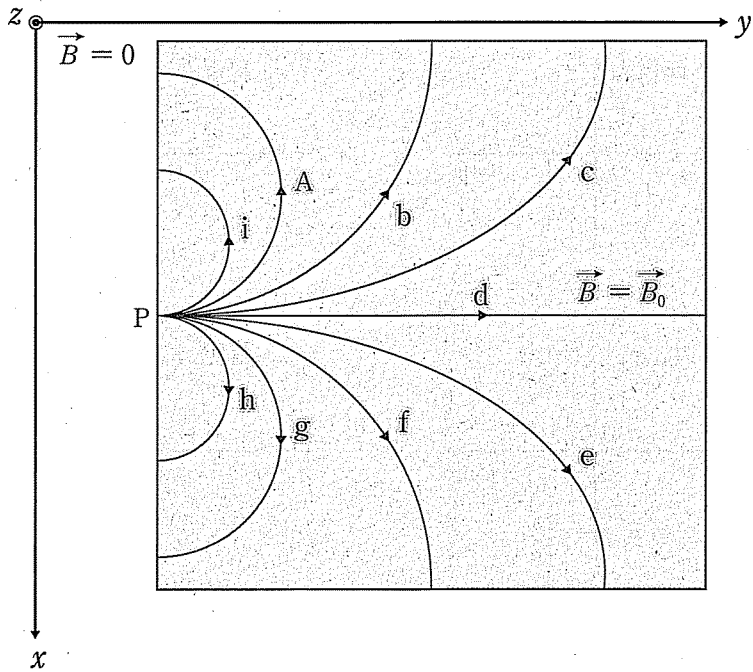


図2—4

以下余白

<余 白>

3

以下の文章を読み、空欄(11)～(13)、(15)、(17)、(19)～(22)、(24)に最も良くあてはまる数値を、また空欄(14)、(16)、(18)、(23)、(25)に最も良くあてはまる式を、それぞれの解答群より選び、解答用紙(その1)の解答欄の該当する記号をマークせよ。また、指示に従い、問3—1の解答を解答用紙(その3)に記入せよ。

図3—1のような、ピストンがついたシリンダーの内部に閉じ込められた気体を考える。気体の定積モル比熱を c 、気体定数を R とする。シリンダーは断熱性が良く、内部に微小な加熱・冷却装置を持つ。ピストンも断熱性が良く、なめらかに図の左右に動く。ピストンのシリンダーの左の壁からの距離を x とする。シリンダーの $x = 2L_0$ の位置に細い穴が開いており、バルブを通じてシリンダーから気体が入り出りできるようになっている。穴やバルブ部分の容積は無視できるものとする。シリンダーとピストンは大気中に置かれており、大気圧は常に P_0 であったとする。

最初、シリンダー内には1モルの気体が閉じ込められていて、その温度は $T = T_0$ であった。ピストンは $x = L_0$ の位置で静止しており、バルブは閉じた状態であった。このときの気体の状態を状態Aとする。

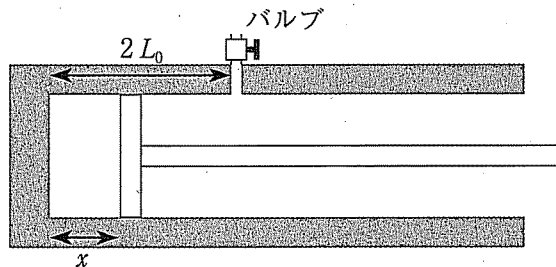


図3—1

この状態から加熱・冷却装置を作動させたところ、ピストンはゆっくりと $x = 4L_0$ まで移動し、そこで静止した。この状態を状態Bとする。状態Bにおける気体の圧力は $P_1 =$ $\times P_0$ 、温度は $T_1 =$ $\times T_0$ となった。ここで、気体の状態が状態Aから状態Bへ変化する間に、気体の内部エネルギーは $\Delta U =$ \times だけ変化した。またこのときに気体が外部にした仕事は $W =$ \times である。したがって、気体の状

<余 白>

態が状態 A から状態 B へ変化する間に、加熱・冷却装置が気体に与えたまたは気体から奪った熱量の大きさは、 $Q_1 = \boxed{(17)} \times \boxed{(18)}$ である。

次に、バルブを開き、気体の温度が常に T_1 に保たれるように加熱・冷却装置を作動させたうえで、ピストンに力を加えた。まず、 $x = 2L_0$ までゆっくりとピストンを押した。この状態を状態 C とする。さらに $x = L_0$ となるまでピストンをゆっくりと押した。この状態を状態 D とする。状態 D における気体の圧力は $P_3 = \boxed{(19)} \times P_0$ であった。

ここで、ピストンの位置が $x = L_0$ に保たれるように加熱・冷却装置を作動させつつ、ピストンに加える力をゆっくりと減らしていき、最後は加える力を 0 にした。このときの気体の状態を状態 E とする。状態 E における気体の圧力は $P_4 = \boxed{(20)} \times P_0$ 、温度は $T_4 = \boxed{(21)} \times T_0$ である。気体の状態が状態 D から状態 E に変化するときの気体の熱容量は $\boxed{(22)} \times \boxed{(23)}$ である。したがって、気体の状態が状態 D から状態 E に変化する間に、加熱・冷却装置が気体に与えたまたは気体から奪った熱量の大きさは、

$Q_4 = \boxed{(24)} \times \boxed{(25)}$ である。

(11)~(13), (15), (17), (19)~(22), (24)の解答群：

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

(14), (16), (18), (23), (25)の解答群：

- ① T_0 ② P_0 ③ $P_0 L_0$ ④ $P_0 T_0$
 ⑤ $\frac{RT_0}{P_0}$ ⑥ c ⑦ $c + R$ ⑧ cT_0
 ⑨ RT_0 ⑩ $(c + R)T_0$

問3—1 状態 A → B → C → D → E の変化における、圧力 P とピストンの位置 x の関係、および圧力 P と温度 T の関係を表すグラフを、それぞれ解答用紙(その3)の図3—2および3—3に描け。

<余 白>

