

【問 2】 物理	受験 番号	
----------	----------	--

(1) 物体の落下について以下の問に答えなさい。

- (a) 図 1 のように、水平方向右向きを  $x$  軸、鉛直方向下向きを  $y$  軸とする  $xy$  平面内の質量  $m_A$  の物体 A の落下について考える。時刻  $t = 0$  に原点  $O$  から物体 A を鉛直方向下向きに対して  $45^\circ$  の方向に速さ  $v_0$  を与えて斜方投射した。物体 A は重力と空気抵抗の力を受けて落下する。この空気抵抗の力は物体 A の運動方向と逆向きで、大きさは物体 A の速さ  $v$  に比例した  $bv$  ( $b$  は定数で  $b > 0$ ) である。また、重力加速度の大きさは  $g$  で一定とする。

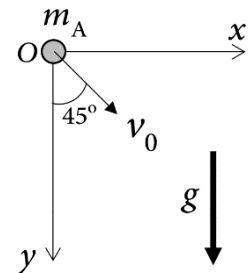


図1

- (i) 物体 A の運動方程式を  $x$  軸方向と  $y$  軸方向に分解して表しなさい。
- (ii) 時刻  $t$  ( $t \geq 0$ ) における物体の運動方向の速さを  $v(t)$  として、この  $v(t)$  を  $b$ 、 $g$ 、 $m_A$ 、 $t$ 、 $v_0$  のうち必要なものを用いて表しなさい。また、物体 A は投射後から十分に時間が経つと、ある一定の速さ  $v_c$  に近づく。その速さ  $v_c$  を求めなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。
- (iii) 時刻  $t$  ( $t \geq 0$ ) における物体 A の位置の  $x$ 、 $y$  成分を  $x(t)$ 、 $y(t)$  とする。 $x(t)$ 、 $y(t)$  をそれぞれ  $b$ 、 $g$ 、 $m_A$ 、 $t$ 、 $v_0$  のうち必要なものを用いて表しなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。

- (b) 図 2 のように質量  $M$ 、半径  $R$  の一様な円板が、円板の中心で摩擦がない回転軸で支えられている。回転軸は水平で、円板の周りには、質量を無視できる伸び縮みのない丈夫なひもが巻かれた。そのひもの先端に質量  $m_B$  の物体 B を取付け、円板が回転しないように手で止めて、物体 B を静止させている。時刻  $t = 0$  に手を放すと、円板は回転して物体 B は落下した。なお、物体 B は重力と空気抵抗の力を受ける。この空気抵抗の力は運動方向と逆向きで、大きさは物体 B の速さ  $v$  に比例した  $cv$  ( $c$  は定数で  $c > 0$ ) である。円板の回転に対する空気による抵抗は無視できる。また、重力加速度の大きさは  $g$  で一定とする。

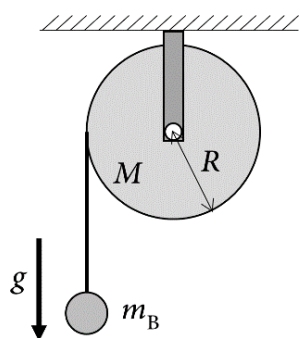


図2

- (i) 円板の回転軸まわりの慣性モーメントを  $I$  とすると、この  $I$  を  $M$ 、 $R$  を用いて表しなさい。
- (ii) 時刻  $t$  ( $t \geq 0$ ) における物体 B の速さを  $v_m(t)$  とすると、この  $v_m(t)$  を  $c$ 、 $g$ 、 $m_B$ 、 $M$ 、 $R$ 、 $t$  のうち必要なものを用いて表しなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。

---

以下に記入すること

---

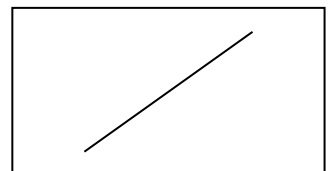
( 1 )

(a)

(i)

(ii)

【裏面につづく】



---

以下に記入すること

---

(iii)

---

以下に記入すること

(b)

(i)

(ii)

【問 2】 物理	受験 番号	
----------	----------	--

(2) 以下の問に答えなさい。

- (a) 1 mol の単原子分子の理想気体を、図 1 に示すように圧力  $P_1$ 、体積  $V_1$ 、温度  $T_1$  の初期状態から二つの過程(A)および(B)を経てそれぞれ体積  $V_2$  まで膨張させる。ここで、いずれの過程も準静的変化であるとする。膨張後の圧力はそれぞれの過程で  $P_2$ 、 $P_3$  とし、 $P_1 > P_2 > P_3$  および  $V_2 > V_1$  を満たす。気体定数を  $R$  として、以下の問に答えなさい。

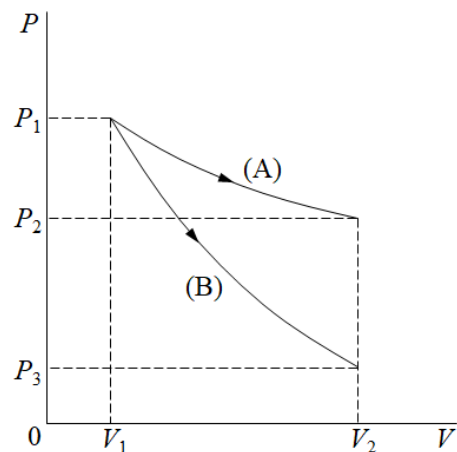


図 1

- (i) 過程(A)および(B)は、それぞれ断熱膨張もしくは等温膨張のいずれかを表している。それぞれの過程がどちらを表しているのかを答えなさい。
- (ii) 過程(A)および(B)において外から受ける熱量  $Q_A$  および  $Q_B$  をそれぞれ求めなさい。
- (iii) 過程(A)および(B)において外部にする仕事  $W_A$  および  $W_B$  をそれぞれ求めなさい。ここで、断熱膨張後の温度を  $T_2$  とする。
- (b) 断熱材で囲まれた容器を、仕切り板によってそれぞれ体積が  $V_1$  および  $V_2$  を持つ二つの部屋ⅠとⅡに分けている。最初、部屋Ⅰに  $n_1$  [mol] の理想気体Ⅰを、部屋Ⅱに  $n_2$  [mol] の理想気体Ⅱを封入し、それぞれ同じ圧力  $P_0$ 、同じ温度  $T_0$  で保つ。この状態を状態 A とする。その後、仕切り板を取り外し、時間が経って理想気体ⅠとⅡが容器内で十分に拡散・混合された熱平衡状態を状態 B とする。ただし、仕切り板の容積は無視できるものとする。状態 A、B におけるエントロピーをそれぞれ  $S_A$ 、 $S_B$ 、気体定数を  $R$  として以下の問に答えなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。
- (i) 状態 A から状態 B への変化におけるエントロピーの総変化量  $\Delta S$  ( $= S_B - S_A$ ) を  $n_1$ 、 $n_2$  および  $R$  を用いて表しなさい。
- (ii) 状態 A から状態 B への混合過程が不可逆過程であることを示しなさい。
- (c) 以下の用語について説明しなさい。
- (i) ボイル・シャルルの法則
- (ii) ジュール・トムソン効果

以下に記入すること

(2)

(a)

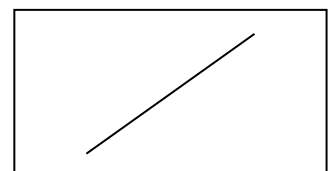
(i)

(A)	(B)
-----	-----

(ii)

(iii)

【裏面につづく】



---

以下に記入すること

(b)

(i)

(ii)

---

以下に記入すること

---

(c)

(i) ボイル・シャルルの法則

(ii) ジュール・トムソン効果



【問 2】 物理	受験 番号	
----------	----------	--

(3) 以下の問に答えなさい。

- (a) 電極板の間が真空の平行極板キャパシターに、誘電体を挿入した場合を考える。電極板の面積は  $S$  で電極板の間隔は  $d$  とする。また、誘電体の比誘電率は  $\kappa$  とする。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とし、以下の問に答えなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。

- (i) 図 1(a)に示すように、電極板の間の空間の下半分を完全に占めるように誘電体を挿入し、電極板は電荷  $+q$  および  $-q$  を持つとする。誘電体は厚さ  $d/2$  であり、一方の電極板と面積  $S$  で接触している。この状態における端子 X と端子 Y の電位差および平行極板キャパシターの電気容量を求めなさい。

- (ii) 図 1(b)に示すように、電極板の間の空間の左半分を完全に占めるように誘電体を挿入し、端子 X および端子 Y に電位差  $V_0$  をかけたとする。誘電体は厚さ  $d$  であり、両方の電極板と面積  $S/2$  で接触している。この状態の平行極板キャパシターの電気容量および電気ポテンシャルエネルギーを求めなさい。

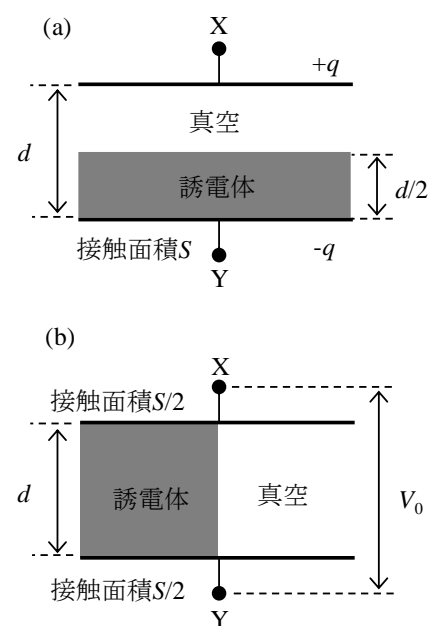


図 1

- (b) 図 2 に示すように、真空中において  $xy$  平面上におかれた  $y$  方向にまったく無限に長い 2 本の導線 I および II が  $2.0\text{ cm}$  離れて平行に並んでいる場合を考える。導線 I のみに  $+y$  方向に  $12\text{ A}$  の電流が一様に流れている。真空の透磁率を  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$  とし、以下の問に答えなさい。なお、答えだけでなく導出過程も示しなさい。

- (i) 導線 II から  $+x$  方向に  $4.0\text{ cm}$  離れた点 P に生じる磁場の大きさを求めなさい。
- (ii) 導線 II に電流を流して点 P に生じる磁場の大きさをゼロとなるようにしたとする。導線 II に流す電流の大きさと方向を求めなさい。また、そのとき導線 I に働く  $1.0\text{ m}$  当たりの力の大きさと方向も求めなさい。

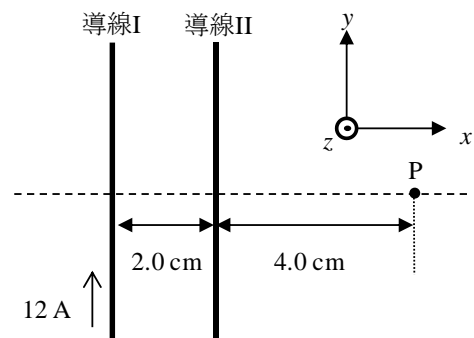


図 2

---

以下に記入すること

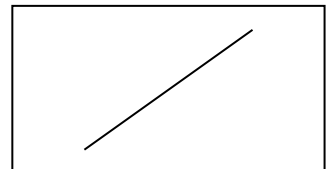
---

(3)

(a)

(i)

【裏面につづく】



---

以下に記入すること

---

(ii)

---

以下に記入すること

(b)

(i)

(ii)