

2章 電磁気学

44 G君は、ある導体の抵抗値 ($R\Omega$) を、導体の温度 ($t^\circ\text{C}$) を室温付近で変えながら測定した。その結果、 R と t の間には、 $R = 0.068t + 16.2$ の関係があることがわかった。この導体は、長さが 15.6 m で直径が 0.14 mm の円柱状のものであった。このとき、この導体の抵抗率の温度係数 (1°C または 1K) を有効数字2桁で求めよ。

(芝浦工大・改)

45 材質が同じ円柱形の金属線 A, B がある。B は A に比べて、長さが2倍で、断面積が $\frac{1}{4}$ である。このとき B の電気抵抗は A の \square 倍になる。

(琉球大)

46 電気二重層コンデンサーは小型・超大容量の蓄電素子であり、直径 10 mm 、高さ 20 mm の円柱型のもので、 4.7 F の容量を持つものがある。M君は、これと同じ容量を持つコンデンサーを真空中の極板間距離 1 mm の正方形の平行板コンデンサーで作ってみようと考えた。このとき、平行板の一辺の長さ $[\text{m}]$ はいくらになるか。有効数字1桁で求めよ。

(芝浦工大・改)

47 電気容量 C 、極板の間隔 d の平行板コンデンサーがある。このコンデンサーを直流電源につなぎ、じゅうぶんに時間が経過したとき、電荷 Q が蓄えられた。このとき、極板間にできる一様電場の強さは \square である。

- (イ) $\frac{d}{QC}$ (ロ) $\frac{C}{Qd}$ (ハ) $\frac{Q}{Cd}$ (ニ) $\frac{QC}{d}$ (ホ) $\frac{Qd}{C}$ (ヘ) $\frac{Cd}{Q}$

(神奈川大)

48 極板面積 S 、極板間隔 d 、極板間が真空中で電気容量 C_0 の平行板コンデンサーの極板間に、面積 $\frac{S}{2}$ 、厚さ d 、比誘電率 ϵ_r の誘電体を極板に平行に完全に挿入した。挿入後のコンデンサーの電気容量は C_0 の何倍になるか求めよ。ただし、極板の面積は十分に広く、極板間隔 d は十分に小さいものとする。

(芝浦工大)

49 10回巻きの円形コイルに 10 A の直流電流を流した。円形コイルの半径は 0.50 m である。円形コイルの中心に生じる磁場の強さ(単位 A/m) を求めよ。

(芝浦工大)

50 鉄心に2つのコイルを巻いた変圧器がある。一次コイルの巻数は 100 回、二次コイルの巻数は 200 回とする。二次コイルに $500\ \Omega$ の電気抵抗を接続し、一次コイルに実効値 200 V の交流電圧を加えた。このとき、二次コイルを流れる電流の実効値は $\square\text{ A}$ である。ただし、2つのコイルの電気抵抗、および磁束の鉄心外へのもれは無視できるものとする。

- (イ) 0.10 (ロ) 0.20 (ハ) 0.40 (ニ) 0.80 (ホ) 1.6 (ヘ) 3.2

(神奈川大)

51 長さ 80 cm 、全巻数 2000 回の細長いソレノイドに電流 0.2 A を流すと、ソレノイド内部の中央付近には何 A/m の磁界(磁場)が発生するか。

(工学院大・改)

52 孤立した半径 R の導体球に電気量 Q の正電荷を与えると、正電荷は表面に均等に分布する。このとき、電気力線は、導体球の表面から垂直に出て放射状に広がり、その総本数は $\frac{Q}{\epsilon_0}$ である。この導体の表面から出る電気力線の単位面積あたりの本数が表面での電場(電界)の強さ E に等しい。よって、電場の強さ E は、 R 、 Q および ϵ_0 を用いて、 \square と表される。ただし、導体球は真空中にあり、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

(琉球大)

53 図 a のように、帯電していないはく検電器の金属板に負に帯電した棒を近づけると、はく検電器のはくは $\square 1$ 。また、図 b のように、帯電していないはく検電器全体を金網で囲み、はく検電器の金属板に負に帯電した棒を近づけると、はくは $\square 2$ 。

$\square 1$ の解答群 (ア) 開く (イ) 開いた直後、すぐに閉じる (ウ) 開かない

$\square 2$ の解答群 (ア) 開く (イ) 開かない (ウ) 金網がないときよりも大きく開く

図 a

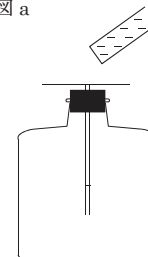
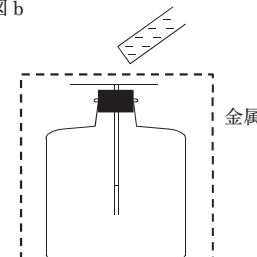


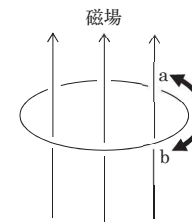
図 b



(琉球大)

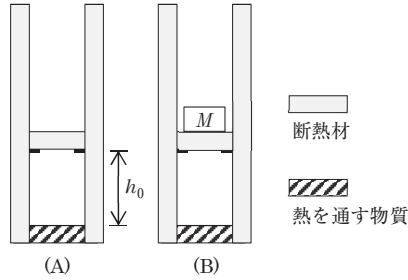
54 図のような半径 R の円形で1巻きのコイルがある。このコイルを下から上へ垂直に貫く一様な磁場の磁束密度の大きさが、時間 Δt の間に一定の割合で $\Delta B (> 0)$ 増加すると、 \square の誘導起電力が生じる。

- (イ) a の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{\Delta B}{\Delta t}$
 (ロ) a の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{2\pi R \Delta B}{\Delta t}$
 (ハ) a の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{\pi R^2 \Delta B}{\Delta t}$
 (ニ) b の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{\Delta B}{\Delta t}$
 (ホ) b の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{2\pi R \Delta B}{\Delta t}$
 (ヘ) b の向きに電流が流れる、大きさ $\frac{\pi R^2 \Delta B}{\Delta t}$



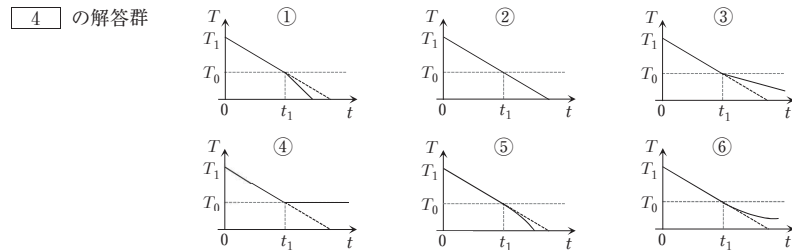
(神奈川大)

166 図 (A) のように、シリンダーが垂直に置かれている。上部は無視できるピストンでふさがれており、ピストンが高さ h_0 m 以下には下がらないように大きさの無視できる止め具が付けられている。ピストンの断面積は S m² である。その中には 1 mol の単原子分子の理想気体が入っている。気体定数、この理想気体の定積モル比熱、定圧モル比熱をそれぞれ R J/(mol·K)、 C_v J/(mol·K)、 C_p J/(mol·K) とする。周囲には圧力 p_0 Pa、温度 T_0 K の空気が存在し、重力加速度の大きさを g m/s² とする。理想気体内部では常に熱平衡状態になっているとし、ピストンの動きは十分ゆっくりである。また、熱を通すのはシリンダーの底の斜線部分だけであり、シリンダーとピストンと止め具の熱容量は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。



(1) 最初、ピストンの位置は h_0 m であった。そのときの理想気体の圧力を p_0 Pa、温度を T_0 K とする。底を通じて理想気体にある正の熱量を与えたところピストンの高さは h_1 m (ただし、 $h_1 > h_0$) になった。このときの温度 T_1 K は $\boxed{1}$ K である。次に、底を通じて理想気体から単位時間あたり q J/s の正の熱量を取る。時刻 $t=0$ s から熱を取り始め、時刻 t s までに取り去る熱量は qt J である。時刻 t_1 s に初めて高さ h_0 m になった。時刻 t s (ただし、 $t \leq t_1$) の気体の温度 T K は $\boxed{2}$ となる。したがって、 $C_p = \boxed{3}$ J/(mol·K) となる。時刻 t_1 s を過ぎても理想気体から熱を取り続ける。理想気体の温度変化を表すグラフとしてもっとも適切なグラフは $\boxed{4}$ である。ただし、解答欄のグラフ中の破線は、 $t \leq t_1$ のときの温度変化を表す直線を延長したものである。

- $\boxed{1}$ の解答群
- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{h_1}{h_0} T_0$ | ② $-\frac{h_1}{h_0} T_0$ | ③ $\frac{h_0}{h_1} T_0$ | ④ $-\frac{h_0}{h_1} T_0$ |
| ⑤ $\frac{h_1}{h_0-h_1} T_0$ | ⑥ $\frac{h_1}{h_1-h_0} T_0$ | ⑦ $\frac{h_0}{h_0-h_1} T_0$ | ⑧ $\frac{h_0}{h_1-h_0} T_0$ |
- $\boxed{2}$ の解答群
- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{qt}{C_p}$ | ② $-\frac{qt}{C_p}$ | ③ $\frac{qt}{C_v}$ | ④ $-\frac{qt}{C_v}$ |
| ⑤ $T_1 + \frac{qt}{C_p}$ | ⑥ $T_1 - \frac{qt}{C_p}$ | ⑦ $T_1 + \frac{qt}{C_v}$ | ⑧ $T_1 - \frac{qt}{C_v}$ |
- $\boxed{3}$ の解答群
- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{h_1 qt_1}{h_0 T_0}$ | ② $-\frac{h_1 qt_1}{h_0 T_0}$ | ③ $\frac{h_0 qt_1}{h_1 T_0}$ | ④ $-\frac{h_0 qt_1}{h_1 T_0}$ |
| ⑤ $\frac{h_1 qt_1}{(h_0-h_1) T_0}$ | ⑥ $\frac{h_1 qt_1}{(h_1-h_0) T_0}$ | ⑦ $\frac{h_0 qt_1}{(h_0-h_1) T_0}$ | ⑧ $\frac{h_0 qt_1}{(h_1-h_0) T_0}$ |



(2) 図 (B) のように、ピストンの上に質量 M kg のおもりを置いた。最初の気体の状態は(1)と同じく圧力を p_0 Pa、温度を T_0 K、高さを h_0 m とする。底を通じて単位時間あたり q J/s の正の熱量を理想気体を与える。時刻 $t=0$ s から始め、時刻 t s までに理想気体を与える熱量は qt J である。

ピストンは内部の圧力が $p_2 = p_0 + \boxed{5}$ Pa に達しなければ動かないので、ピストンが動き始めるときの温度は $T_2 = T_0 + \boxed{6}$ K である。ピストンが動くまでに $C_v \times \boxed{6}$ J だけの熱量を与えなければならないので、ピストンが動き始める時刻 t_2 は $\boxed{7}$ s である。
 $t \geq t_2$ のとき、理想気体に入る熱量と比熱を考慮すると理想気体の温度は

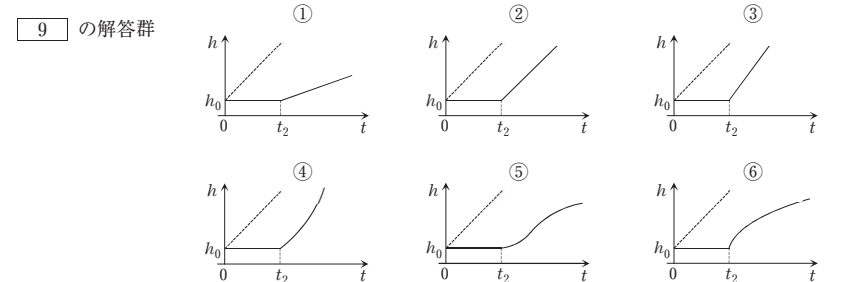
$$T = T_2 + \boxed{8} \times (t - t_2) \text{ K}$$

と表すことができる。時刻 t s のときのピストンの高さを h m とすると、 $t \geq t_2$ の場合には理想気体の状態方程式を $p_2 h S = RT$ と書くことができる。この式を変形することにより

$$h = h_0 + \boxed{8} \times \frac{R(t-t_2)}{p_2 S} \text{ m}$$

が得られ、 h の時間変化の様子を表すグラフとしてもっとも適切なグラフは $\boxed{9}$ であることがわかる。ただし、解答欄のグラフ中の破線は、おもりがない場合のピストンの高さの時間変化を表している。

- $\boxed{5}$ の解答群
- | | | | |
|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| ① $\frac{Mg}{2S}$ | ② $\frac{Mg}{S}$ | ③ $\frac{3Mg}{2S}$ | ④ $\frac{2Mg}{S}$ |
| ⑤ $\frac{S}{2Mg}$ | ⑥ $\frac{S}{Mg}$ | ⑦ $\frac{3S}{2Mg}$ | ⑧ $\frac{2S}{Mg}$ |
- $\boxed{6}$ の解答群
- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $\frac{R}{Mgh_0}$ | ② $\frac{h_0}{MgR}$ | ③ $\frac{g}{Mh_0R}$ | ④ $\frac{M}{gh_0R}$ |
| ⑤ $\frac{Mgh_0}{R}$ | ⑥ $\frac{MgR}{h_0}$ | ⑦ $\frac{Mh_0R}{g}$ | ⑧ $\frac{gh_0R}{M}$ |
- $\boxed{7}$ の解答群
- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{RMgh_0}{C_v q}$ | ② $\frac{RMgh_0}{C_p q}$ | ③ $\frac{RMh_0 q}{C_v g}$ | ④ $\frac{RMh_0 q}{C_p g}$ |
| ⑤ $\frac{C_v Mgh_0}{Rq}$ | ⑥ $\frac{C_p Mgh_0}{Rq}$ | ⑦ $\frac{C_v Mh_0 q}{Rg}$ | ⑧ $\frac{C_p Mh_0 q}{Rg}$ |
- $\boxed{8}$ の解答群
- | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{R}{C_v}$ | ② $\frac{R}{C_p}$ | ③ $\frac{C_v}{R}$ | ④ $\frac{C_p}{R}$ | ⑤ $\frac{q}{C_v}$ | ⑥ $\frac{q}{C_p}$ | ⑦ $\frac{C_v}{q}$ | ⑧ $\frac{C_p}{q}$ |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|



(近畿大)