

※ 問 4 以降は解の導出・計算過程も書くこと。裏面にも続き、問題 12 まであります。

【問題 1】 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)のような直線型の 3 原子分子の場合、それぞれ並進、回転、振動の運動にいくつの自由度が割り振られるか。

- (a) 並進 3、回転 3、振動 3                      (b) 並進 3、回転 2、振動 3  
 (c) 並進 3、回転 1、振動 3                      (d) 並進 3、回転 2、振動 4  
 (e) 並進 3、回転 2、振動 2

【問題 2】 次のマックスウェル方程式の中から、「ファラデーの電磁誘導の法則」を選びなさい。

- (a)  $c^2 \nabla \times \mathbf{B} = \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{\mathbf{j}}{\epsilon_0}$     (b)  $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$     (c)  $\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$     (d)  $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$

【問題 3】 運動する荷電粒子の速度が 2 倍になると、荷電粒子の作る磁場の大きさは何倍になるか。

- (a) 4 倍                      (b) 2 倍                      (c)  $\sqrt{2}$  倍                      (d) 1 / 2 倍

【問題 4】 真空中において周波数 2.1 [GHz]の携帯電話が発する電磁波の波長[m]を求めなさい。光速は  $3.0 \times 10^8$  [m/s]とする。

【問題 5】 図 1 のように体積  $2V$  の断熱された箱が、中央の仕切りで体積  $V$  の二つの領域に分けられ、一方の領域のみに温度  $T$  の理想気体が入っている。この仕切りをゆっくりと取り除き、気体が箱全体に広がって熱平衡状態に達するまでのエントロピーの変化を計算しなさい。気体の分子数は  $N$ 、ボルツマン定数は  $k_B$  とする。

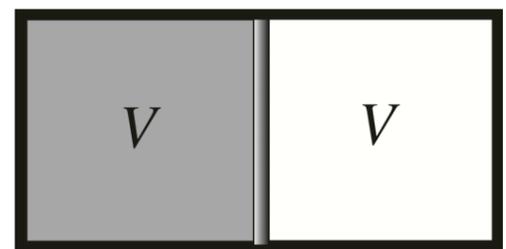


図 1

※ヒント 断熱されているので内部エネルギーは変化しないから、温度も変化しない (等温変化である)。エントロピーの変化は次の様に表される。  $\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$

【問題 6】  $n$  [mol]の理想気体 (気体定数  $R$ ) を図 2 のようなカルノー・サイクルで変化させる。ここで、状態 1 (体積  $V_1$ ) → 状態 2 (体積  $V_2$ ) の変化と、状態 3 (体積  $V_3$ ) → 状態 4 (体積  $V_4$ ) の変化はそれぞれ温度  $T_c$  と  $T_H$  の等温変化、状態 4 → 1 の変化と状態 2 → 3 の変化は断熱変化である。

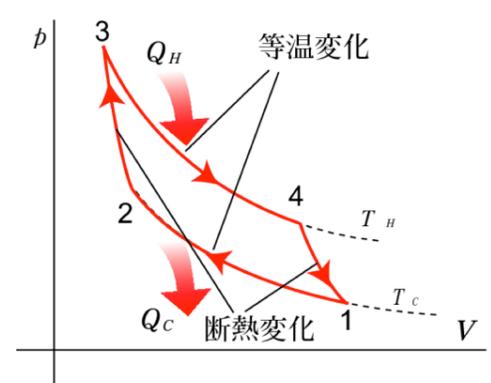


図 2

状態 3 → 状態 4 で気体が吸収する熱量  $Q_H$  を求めなさい。

【問題 7】 図 2 のカルノー・サイクルの熱効率  $\eta_c$  を低温熱浴の温度  $T_c$ 、高温熱浴の温度  $T_H$  を用いて表しなさい。

【問題 8】 常温で鉄(Fe)が磁石に付き、銅(Cu)が磁石に付かない理由を、ミクロスコピックな観点から要領よく簡潔に説明しなさい。

(※注 裏にも問題があります。)

【問題9】 図3の抵抗ブリッジにおいて、  
 $R_1 = 1.0 [\Omega]$ 、 $R_2 = 2.0 [\Omega]$ 、 $R_4 = 3.0 [\Omega]$ のとき、  
 中央の電流計（内部抵抗  $R_a$ ）に流れる電流が零 ( $I_a = 0$ ) となるよ  
 うな  $R_3$  の抵抗値 $[\Omega]$ を求めなさい。

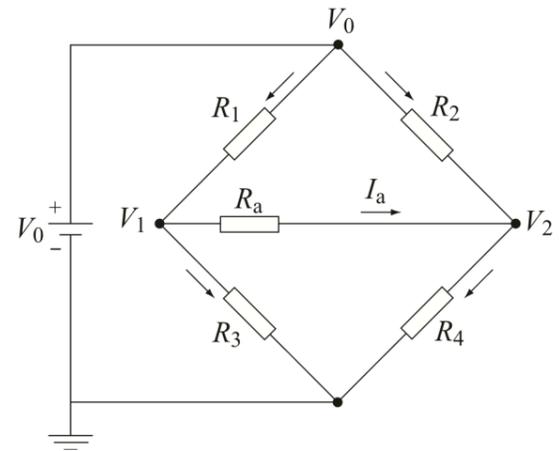


図3

【問題10】 面積  $A$  の電極板2枚からなる平行板が間隔  $d$  で配  
 置されたコンデンサを考える。電極間が真空のとき、このコンデ  
 ンサは電気容量  $C_0$  を持っているとする。そこに、厚さ  $fd$ 、比誘電  
 率  $\kappa$  を持つ誘電体を図4の様に電極間に差し込んだ場合のコンデ  
 ンサの電気容量を求めなさい。  
 但し、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

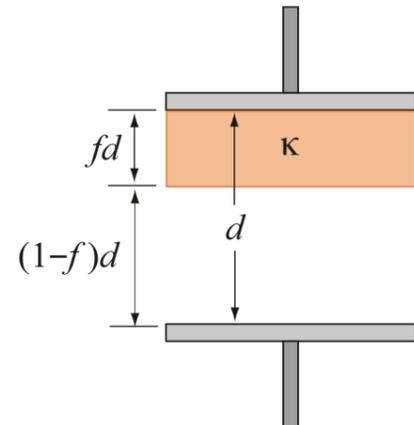


図4

【問題11】 完全導体でつくられた長さ  $l$  の導体棒（灰色）が同じく完全導体で作られたなめらかな2本  
 のレール（白色）の上を図5様に移動する。レール間は電気抵抗  $R$  を持つ負荷で接続されている。導体棒に  
 は時刻  $t=0$  において、初速  $v_0$  が与えられている。導体棒は質量  $m$  の質点として考えることができるものと  
 する。また、レールの間には紙面に向かう方向に静磁場  $B$  が印加されている。

ア) このとき、導体棒の速度の時間変化を示しなさい。

※ヒント 回路には誘導電流  $I = vBl/R$  が流れる。

積分公式  $\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x} = \ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)$  を用いて宜しい。

イ) 導体棒が止まるまでに動く距離を求めなさい。

※ヒント 上で求めた速度を時間で積分する。

積分公式  $\int_0^\infty e^{-at} dt = \frac{1}{a}$  を用いて宜しい。

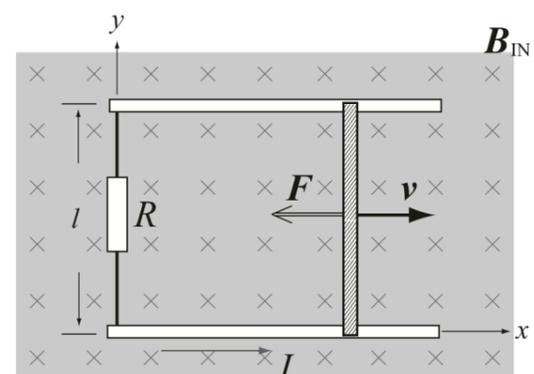


図5

【問題12】 図6のように真空中に置かれた電気双極子を考  
 える。点電荷  $+q$ 、 $-q$  が  $y$  軸上の点  $(0, +d/2)$  と点  $(0, -d/2)$  に配置  
 され、距離  $d$  だけ離れているとする。

ア)  $x$  軸上の任意の点  $P(x, 0)$  における電場の大きさを計算し  
 なさい。

イ)  $y$  軸上の点  $R(0, y)$  における電場の大きさを計算し、さら  
 にその方向を示しなさい。但し、 $y \gg d$  とする。

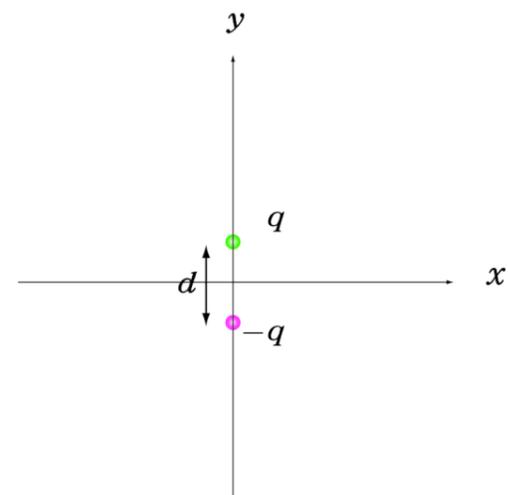


図6

以上。