

※ 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(CO₂)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 3.0×10^8 [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。

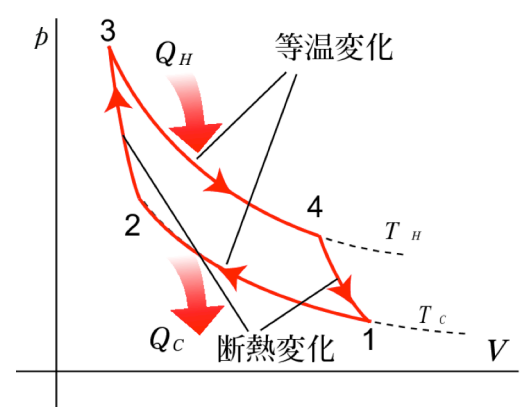


図 2

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 η_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。

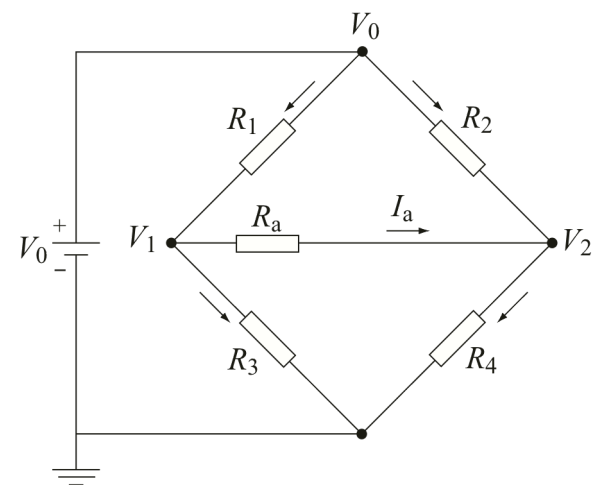


図3

【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 κ 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 ϵ_0 とする。

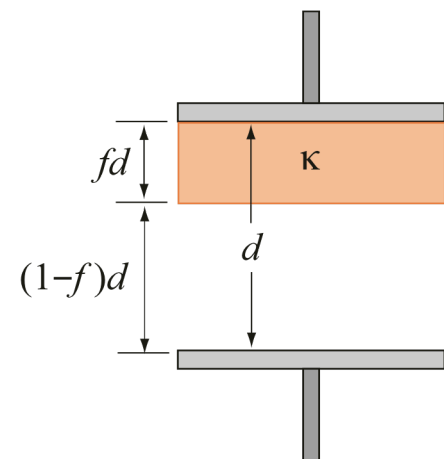


図4

【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。

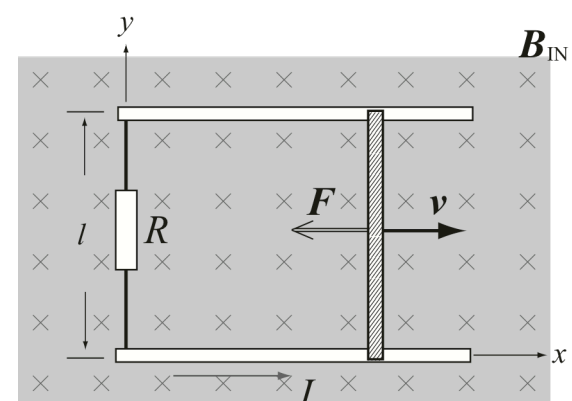


図5

【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。

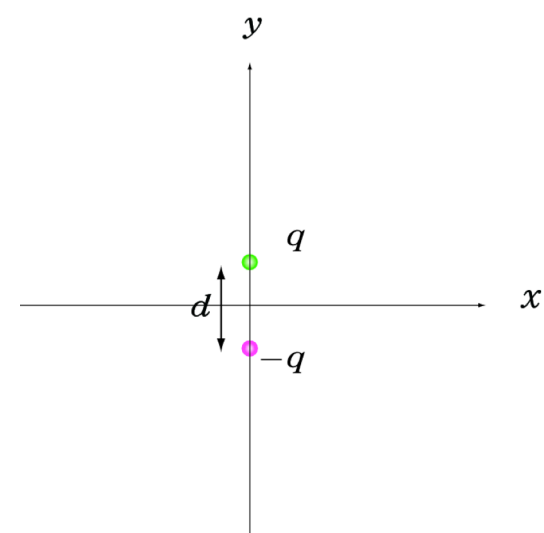


図6

以上。