

福島県立医科大学

平成 30 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	3～4	
「生物基礎・生物」	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

物理基礎・物理

- [1] 半径 r (m) の変形しない球形をした厚みの無視できる容器の中に、理想気体とみなせる気体が封入されている。この気体を構成する各分子の運動エネルギーの総和と気体の温度の関係に関する下の問い(問1～7)に答えよ。ただし、問7の解答には簡潔な説明をつけること。なお、ボルツマン定数を k (J/K) とし、必要であれば、半径 r の球の表面積は $4\pi r^2$ (m^2)、体積は $\frac{4\pi r^3}{3}$ (m^3) と表されることを用いよ。また、 a_1, a_2, \dots, a_N の総和は $a_1 + a_2 + \dots + a_N$ と表すこと。

容器内の気体は質量 m (kg) の N 個の単原子分子から構成されており、それぞれの分子は、図1のようにさまざまな大きさの運動量を持ちランダムな向きに運動している。また、分子どうしの衝突はなく、各分子は容器の内壁と弾性衝突するものとする。それぞれの分子は、[分子1]、[分子2]、 \dots 、[分子 N]と区別できるものとする。図2は、分子 i (i は1から N までの自然数) が、球の中心 O を含む容器の断面内を運動するようすを示している。この分子は、容器の内壁上の点 A に運動量の大きさ p_i ($kg \cdot m/s$) で線分 OA に対して角度 θ_i (rad) をなして衝突し、そのあと容器の内壁上の点 A' に向かうものとする。

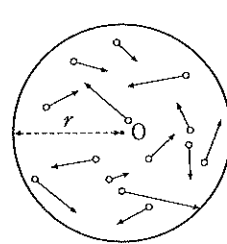


図1

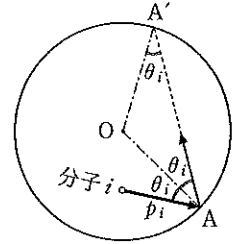


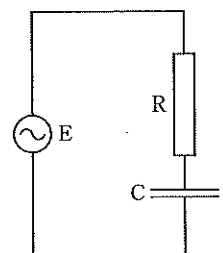
図2

- 問1 図2のように、分子 i が A で容器の内壁に衝突することで、容器の内壁は分子 i から力積を受ける。この力積の大きさ I_i ($N \cdot s$) を p_i, θ_i を用いて表せ。
- 問2 分子 i が A で容器の内壁に衝突してから A' に到達するまでの時間 Δt_i (s) を m, p_i, r, θ_i を用いて表せ。
- 問3 内壁全体が分子 i から受ける1秒あたりの力積の大きさ、すなわち、この分子から容器が受ける力の大きさの時間平均(1秒間の平均) F_i (N) を m, p_i, r を用いて表せ。
- 問4 容器内の各分子から容器が受ける力の大きさの時間平均の総和 F_{tot} (N) を $m, p_1, p_2, \dots, p_N, r$ を用いて表せ。
- 問5 容器が気体から受ける圧力 P (Pa) を $m, p_1, p_2, \dots, p_N, r$ を用いて表せ。
- 問6 容器内の各分子の運動エネルギーの総和 U (J) を m, p_1, p_2, \dots, p_N を用いて表せ。
- 問7 容器内の気体の絶対温度を T (K) としたとき、 U を k, N, T を用いて表せ。

- [2] 交流回路に関する下の問い(問1～7)に答えよ。なお、問6と問7には簡潔な説明をつけること。また、必要であれば、三角関数の公式 $A \sin \alpha - B \cos \alpha = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\alpha - \beta)$ (ただし、 β は $\tan \beta = \frac{B}{A}$ を満たす) や $\sin(\alpha - \frac{\pi}{2}) = -\cos \alpha$ を用いよ。

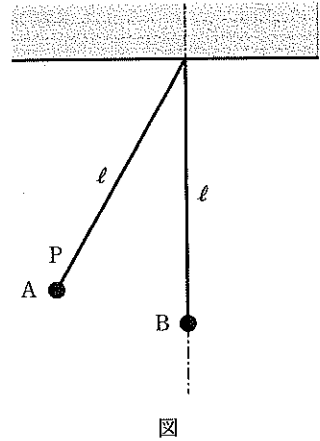
抵抗 R 、コンデンサー C と交流電源 E が直列に接続されている図のような回路のインピーダンス Z について考えよう。以下では、 R の電気抵抗を R (Ω)、 C の電気容量を C (F) とする。また、 E の電圧 V (V) の最大値を V_0 (V)、角周波数を ω (rad/s) とし、時刻 t (s) における V は $V = V_0 \sin \omega t$ と表せるものとする。さらに、このとき回路に流れる電流 I (A) は、その最大値を I_0 (A)、 E の電圧の位相に対して電流の位相が θ (rad) 進んでいるとして、 $I = I_0 \sin(\omega t + \theta)$ と表されるものとする。

- 問1 Z を $t, I_0, V_0, \theta, \omega$ の中から必要なものを用いて表せ。なお、答えには適切な単位をつけること。
- 問2 t における R に加わる電圧 V_R (V) を $t, R, I_0, V_0, \theta, \omega$ の中から必要なものを用いて表せ。
- 問3 C のリアクタンス(容量リアクタンス) X_C を C, R, ω の中から必要なものを用いて表せ。なお、答えには適切な単位をつけること。
- 問4 C に加わる電圧の位相は電流の位相に対してどれだけ進んでいるか、符号に注意して答えよ。
- 問5 t における C に加わる電圧 V_C (V) を $t, C, I_0, V_0, \theta, \omega$ の中から必要なものを用いて表せ。
- 問6 $V_R + V_C$ が V であることから、 $\tan \theta$ を C, R, ω を用いて表せ。
- 問7 Z を C, R, ω を用いて表せ。なお、答えには適切な単位をつけること。



図

- [3] 質量が m で大きさの無視できる小球 A と質量が $M (> m)$ で大きさの無視できる小球 B を天井の一点から長さ l の軽い糸でそれぞれ鉛直につり下げ、静止させた。その後、図のように、糸をたるませないように A を点 P まで引き上げ静かに手を放したところ、A は速度 v_0 で B に衝突し、A は v_0 の向きと逆向きにはねかえった。A と B の間の反発係数(はねかえり係数)を e 、重力加速度の大きさを g として、次の問い(問 1 ~ 5)に簡潔な説明をつけて答えよ。ただし、 v_0 の向きを正の向きとする。



問 1 はじめに静止していた時の A の高さ と点 P の高さの差 h を g, v_0 を用いて表せ。

問 2 はじめて A が B に衝突した直後の A の速度 v_A と B の速度 v_B を e, m, M, v_0 を用いてそれぞれ表せ。

問 3 はじめての衝突の前後で、A と B 全体が失った力学的エネルギー ΔE を e, m, M, v_0 を用いて表せ。

問 4 はじめての衝突から 2 回目の衝突までに要した時間 t を g, l を用いて表せ。ただし、A および B の運動においてはそれぞれの糸が鉛直線となす角は十分に小さいとする。

問 5 2 回目の衝突直後には A の速度が V_A 、B の速度が V_B となり、 $V_A = -\frac{1}{2}v_0$ であった。 e を m, M を用いて表せ。