2024年度 藤田医科大学（一般前期）そっくり類題セット：物 理（2科目120分・配点100点）

制作：TMPS医学館（解説：Sora先生）｜全4大問（記述・論述式）。設問で指定された記号のみを用いて表すこと。

第1問　半円柱に立てかけた一様な棒のつり合い

長さ $2L$ で質量 M の一様な棒 AB を、水平な床の上に固定された半円柱に立てかける。棒と半円柱との接点を点 P とする。この半円柱の断面は床面上の点 O を中心にした半径 R の半円である。棒の端点 A が床に接していて、棒と床との間の角度を θ とする。棒の重心 G は棒の中心（AG $= L$）にあり、点 O, A, P, G は同じ鉛直面上にある。**半円柱の表面はなめらか（摩擦なし）であり、床と棒の間には摩擦があって静止摩擦係数を μ とする**。重力加速度の大きさを g とする。

問1　AP の長さを R と θ を用いて表せ。

棒が静止しているとする。このときの点 A における床からの静止摩擦力の大きさを f_{A}、点 A と点 P における垂直抗力の大きさを各々 N_{A}、N_{P} として以下の **問2** と **問3** に答えよ。

問2　点 A のまわりの力のモーメントのつり合いの式を立てよ。

問3　水平方向および鉛直方向の棒に働く力のつり合いの式を各々立てよ。

棒と床との間の角度を $\theta = \theta_0$ にしたとき、棒がすべらないで立てかけられる限界の位置にある（f_{A} が最大静止摩擦力 μN_{A} になっている）とする。このとき、

問4　$\sin\theta_0$ と $\cos\theta_0$ が満たす関係式を L, R, μ を用いて表せ。

問5　半円柱の表面にも静止摩擦係数 μ の摩擦がある場合に比べ、半円柱がなめらかな場合の限界角 θ_0 は大きくなるか、小さくなるか答えよ。

第2問　滑車で連結された棒と小球のつり合い・運動

質量 m の小球と長さ L・質量 M の一様な棒 AB（重心 G は中心）の端点 A を軽くて丈夫なひもでつなぎ、ひもを床から高さ H の位置にある2つのなめらかな滑車（滑車1・滑車2）にかけて小球を鉛直につるし、棒をなめらかで水平な床の上に置く。床の上に右向きに x 軸を設定し、原点 ($x = 0$) を滑車1の鉛直真下の点にとる。重力加速度の大きさを g とする。

まず、棒の端点 A が滑車1の真下 ($x = 0$) になる位置で、点 A が床に接した状態で外力を加えずに全体を自然に静止させることが出来た。

問1　ひもの張力、および、棒が床から受ける垂直抗力の大きさを M, m, g を用いて答えよ。

問2　このように点 A が浮き上がらず自然に静止させることが出来るために、質量 M と質量 m が満たすべき関係式を求めよ。

つぎに、点 A の位置を $x = (3/4)H$ にして、棒に対して水平左向きに外力を加えて全体を静止させた。

問3　点 A と滑車1の間の距離を H を用いて求めよ。

問4　棒に加えた外力の大きさを m, g を用いて答えよ。

問5　棒が床から受ける垂直抗力の大きさを M, m, g を用いて表せ。

問6　棒が床から受ける垂直抗力の作用点の位置と点 B との間の距離を求め、M, m, g, L, H の中から必要な記号を用いて表せ。

以下において、$\boldsymbol{m = M/4}$ とする。点 A の位置を $x = (3/4)H$ におき、静かに手をはなすと棒は床から浮き上がることなくすべり出した。棒の端点 A が $x = 0$ の位置を通過する瞬間における、つぎの量を求め、**M, g, L, H の中から必要な記号を用いて表せ**。

問7　動き出してから、端点 A が $x = 0$ に達するまでの間の小球の位置エネルギーの変化

問8　小球の速さ

問9　棒の速さ

問10　この後、棒は始めの位置まで戻る往復運動をする。棒が1往復して最初の位置に戻るまでの間の、小球の運動の様子（移動距離と往復回数）について簡単に述べよ。

第3問　理想気体の熱力学サイクル

なめらかに動く軽いピストンがついているシリンダー内に物質量 n、定積モル比熱 $C_V = (3/2)R$ の単原子分子理想気体を封入し、次の4つの過程からなるサイクルを行わせる。

- 状態Aから状態Bの変化は**定積加熱変化**（体積 $V_\mathrm{A} = V_\mathrm{B}$）、
- 状態Bから状態Cの変化は**断熱膨張変化**、
- 状態Cから状態Dの変化は**等温圧縮変化**（絶対温度 T_C 一定）、
- 状態Dから状態Aの変化は**断熱圧縮変化**

である。状態A、B、Cの絶対温度をそれぞれ T_A、T_B、T_C（$T_\mathrm{B} > T_\mathrm{A} > T_\mathrm{C}$）とし、状態A、C、Dの体積をそれぞれ V_A、V_C、V_D とする。ピストンに封入された気体の絶対温度 T を一定に保ちながら体積を V_1 から V_2 へ変化させるのに必要な熱量が自然対数を用いて $nRT\log(V_2/V_1)$ で与えられることを用いてよい。R は気体定数である。

問1　状態Aの圧力を R, n, T_A, V_A を用いて表せ。

問2　状態Bの圧力を R, n, T_B, V_A を用いて表せ。

問3　状態Aから状態Bへの状態変化において、気体がする仕事 W_AB、および気体が外部から受け取る熱量 Q_AB を、それぞれ R, n, T_A, T_B の中から必要な記号を用いて表せ。

問4　状態Bから状態Cへの状態変化において、気体がする仕事 W_BC を R, n, T_B, T_C を用いて表せ。

問5　状態Cから状態Dへの状態変化において、気体がする仕事 W_CD、および気体が外部から受け取る熱量 Q_CD を、それぞれ R, n, T_C, V_C, V_D を用いて表せ。

問6　状態Dから状態Aへの状態変化において、気体がする仕事 W_DA を R, n, T_A, T_C を用いて表せ。

問7　$Y = V_\mathrm{C}/V_\mathrm{D}$ として、この熱機関の熱効率 e を T_A, T_B, T_C, Y を用いて表せ。

第4問　平行平板コンデンサー内の陽子の運動

真空中に x 軸と y 軸をとり、交点を原点 O (0, 0) とする。x 軸と平行に極板A（$y = +d/2$）と極板B（$y = -d/2$）が置かれ（極板間隔 d、極板の x 方向の幅 D：$0 \leqq x \leqq D$）、**極板の右端 ($x = D$) から距離 L_0 のところ（$x = D + L_0$）に y 軸と平行に蛍光面がおかれている**。極板Bの電位が極板Aの電位より V ($V > 0$) だけ高くなっている。

質量 m、正の電荷 $+q$ $(q>0)$ をもつ陽子を、原点 O から x 軸に沿って右向き（x 軸正の向き）に速さ v で入射させる。重力の影響は無視でき、極板間の電場は一様で極板に垂直であるとする。

陽子が極板間の領域 $(0<x<D)$ にあるとき、

問1　陽子が電場から受ける力の大きさを $q,\ V,\ d$ を用いて答えよ。

問2　陽子に生じる加速度の大きさと向きを答えよ。

電位差 V が $V<V_{\mathrm{c}}$ を満たすとき、陽子は極板間の領域の右側から出て、右側の蛍光面に達した。

問3　陽子が極板間の領域を通過するのにかかる時間を答えよ。

問4　陽子が極板間の領域を通過して右側から出てくる位置 $(x=D)$ での y 座標を求めよ。

問5　陽子が達する蛍光面上の点の y 座標を $q,\ V,\ m,\ d,\ v,\ D,\ L_0$ を用いて求めよ。

電位差 V が $V>V_{\mathrm{c}}$ を満たすとき、陽子は極板間の領域の右側から出てこなかった。

問6　このとき、どんなことが起きているか簡単に述べよ。

問7　V_{c} を $q,\ m,\ d,\ v,\ D$ を用いて求めよ。