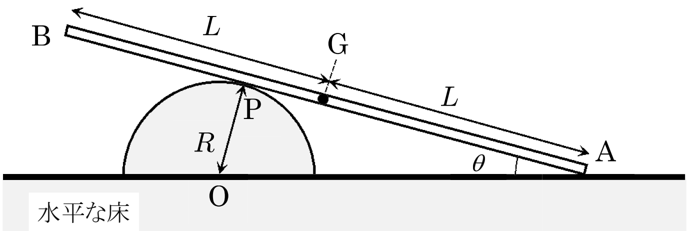
# 物　　理　（その１）

## 第１問




長さ $2L$ で質量 $M$ の一様な棒 AB を、図のように、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 $\theta$ とする。図中の点 G は棒の重心である。ここで、点 O、A、P、G は同じ鉛直面上にあり、また、棒の長さ（$2L$）は、図のように立てかける為に十分な長さがあるのもとする。棒は半円柱と床と両方から摩擦を受け、その静止摩擦係数を共に $\mu$ 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 $\theta$ を用いて表せ。

棒が図に示されている位置で静止しているとする。このときの点 A と点 P における静止摩擦力の大きさを各々 $f_A$、$f_P$、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（$f_A$ と $f_P$ が共に最大静止摩擦力になっている）とする。このとき、

**問4**　$\sin\theta_0$ を求め、$L$、$R$、$\mu$ を用いて表せ。

**問5**　$L=3R$、$\mu=\frac{3}{4}$ のとき、$\sin\theta_0$ の値を求めよ。

# 物　　理　（その２）

## 第2問

右図のように、小球と長さ $L$ の棒AB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つの滑車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。滑車はなめらかで、大きさは無視できるものとする。

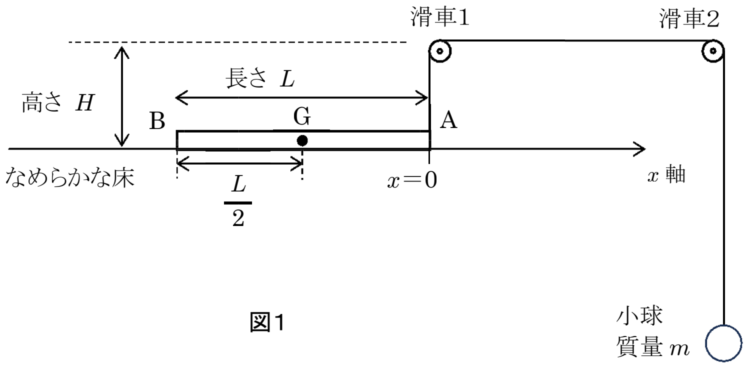



図1

床の上に右向きに $x$ 軸を設定し、$x$ 軸の原点($x$=0)を滑車1の鉛直真下の点にとる。図中の点Gは棒の重心であり、棒の中心にある。棒の質量を $M$、小球の質量を $m$、重力加速度の大きさを $g$ とする。また、ひもは十分な長さがあり、小球が滑車2に接触することは無いとする。

まず、最初に、図1のように、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全体を自然に(外力を加えずに)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答えよ。

**問2**　このよう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 $x=\frac{12}{5}H$ にして、棒に対して水平方向に外力を加えて全体を静止させた(図2)。

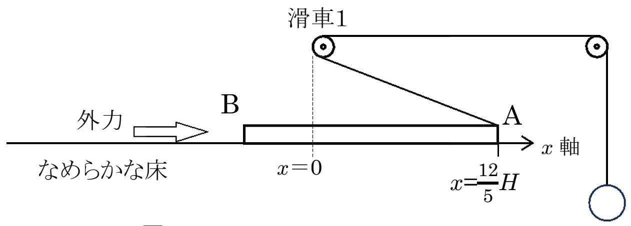



図2

**問3**　点Aと滑車1の間の距離を求めよ。

**問4**　棒に加えた外力の大きさを答えよ。

**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、$m=M/5$ とする。
点Aの位置を $x=\frac{12}{5}H$ におき、静かに手をはなすと棒は床の上をすべり出し、棒は床から浮き上がることなく運動する。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**　棒の水平方向の加速度の大きさ

この後、棒は始めの位置まで戻る往復運動をする。また、ひもは弛まないとする。

**問11**　棒が1往復して最初の位置に戻るまでの間の、小球の運動の様子について簡単に述べよ。

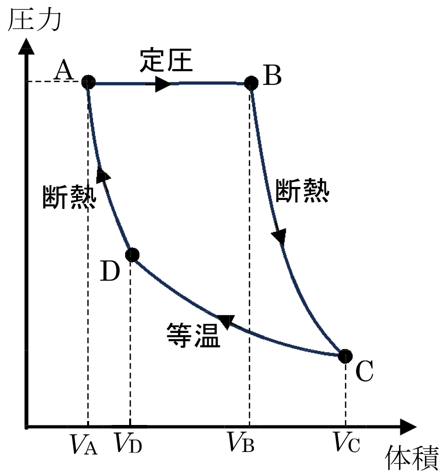
# 物　　理　（その３）

## 第3問

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 $n$ の理想気体を封入し、この理想気体の状態を図の実線の様に変化させる。

　状態 A から状態 B の変化は定圧変化、
　状態 B から状態 C の変化は断熱変化、
　状態 C から状態 D の変化は等温変化、
　状態 D から状態 A の変化は断熱変化

である。状態 A と状態 C の絶対温度をそれぞれ $T_A$、$T_C$（$T_A > T_C$）とし、状態 A、状態 B、状態 C、状態 D の体積をそれぞれ $V_A$、$V_B$、$V_C$、$V_D$ （$V_A < V_D < V_B < V_C$）とする。




　以下、解答する際に、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 $nRT\log\frac{V_2}{V_1}$ で与えられることを用いてよい。$R$ は気体定数である。定積モル比熱を $C_V$ として以下の問いに答えよ。

**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 $T_A$、$V_A$、$V_B$ 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、および気体が外部から受け取る熱量を、それぞれ $R$、$C_V$、$n$、$T_A$、$V_A$、$V_B$ 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、気体がする仕事を $C_V$、$n$、$T_A$、$T_C$、$V_A$、$V_B$ を用いて表せ。

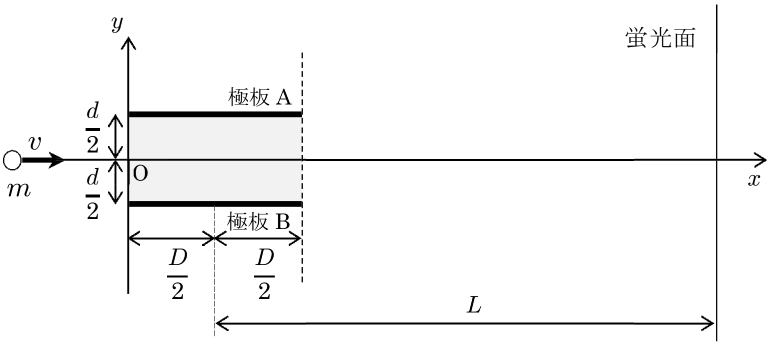
**問5**　状態 C から状態 D への状態変化において、気体がする仕事、および気体が外部から受け取る熱量を、それぞれ $R$、$n$、$T_C$、$V_C$、$V_D$ を用いて表せ。

**問6**　状態 D から状態 A への状態変化において、気体がする仕事を $C_V$、$n$、$T_A$、$T_C$ を用いて表せ。

**問7**　$X=\frac{V_B}{V_A}$、$Y=\frac{V_C}{V_D}$ として、この熱機関の熱効率を $R$、$C_V$、$T_A$、$T_C$、$X$、$Y$ を用いて表せ。

# 物　　理　（その４）

## 第4問




真空中に図のような装置がある。
図のように $x$ 軸と $y$ 軸をとり、軸の交点を原点 O とする（$x$ 軸上で $y=0$ である）。$x$ 軸と平行に極板 A と極板 B が置かれ、極板の中心から距離を $L$ のところに $y$ 軸と平行に蛍光面がおかれている。
極板 A と極板 B の間隔を $d$、極板の幅を $D$ とする。極板 A の電位が極板 B の電位より $V$ （$V>0$）だけ高くなっていて、この $V$ の大きさは調節することができるとする。

電子を $x$ 軸に沿って右向き（$x$ 軸正の向き）に、速さ $v$ で極板 AB 間に入射させる。電子の質量を $m$、電荷を $-e$ （$e>0$）とし、重力の影響は無視できるとする。また、極板 A、B の間につくられる電場は極板の端でも極板に垂直であるとする。

電子が極板間の領域（$0<x<D$）にあるとき、

**問1**　電子が電場から受ける力の大きさを答えよ。

**問2**　電子に生じる加速度の大きさと向きを答えよ。

電位差 $V$ が $V<V_c$ を満たすとき、電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**　電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**　電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**　電子が達する蛍光面上の点の $y$ 座標を求めよ。

電位差 $V$ が $V>V_c$ を満たすとき、電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**　$V_c$ を求めよ。