問題訂正版

# 大学院情報理工学研究科
## 博士前期課程一般入試　入学試験問題
（2024年8月16日実施）

## 【機械知能システム学専攻】

## 専門科目：［必須問題（物理学）］

**※注意事項**

1．試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけない。

2．必須問題（物理学）の問題冊子はこの注意事項を含めて４枚、解答用紙は２枚である。（計算用紙は含まない）

3．試験開始の合図の後、全ての解答用紙に受験番号を記入すること。

4．必須問題（物理学）の試験時間は60分である。

5．問題は物理学基礎２問である。すべての問題を解答すること。

6．解答は、問題ごとに専用の解答用紙を使用すること。
必要なら裏面を使用してもよいが、その場合は表面下に「裏面へ続く」と記入すること。
解答は必ず解答用紙に記入すること。計算用紙に解答を記入しても採点の対象とはならない。

7．試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及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ること。

8．試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

9．解答は英語でもよい。

問題は次のページからです。

このページは問題冊子の枚数には
含みません。

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024 年 8 月 16 日実施）

## 必須問題（物理学）

## 機械知能システム学専攻

# 物理学基礎

以下の問１，問２に回答せよ。

問１

図１に示すように車軸の半径 $r$，質量 $m$，重心 P 点まわりの慣性モーメント $I$ の固定されていない輪軸と，質量 $M$ の質点がある．輪軸には２本のひもが巻きつけられており，右のひもの末端は天井と接続され，左のひもの末端は質点と接続されている．重力加速度 $g$ は鉛直下向きに働いている．

２本のひもにたるみがないように輪軸と質点を鉛直下向きに吊り下げて静止させ，時刻 $t=0$ に手を離したところ，輪軸は回転しながら鉛直下向きに落下し，質点も鉛直下向きに落下した．輪軸の重心 P の鉛直下向き座標を $x$，輪軸の回転角を $\theta$ ，質点の鉛直下向きの座標を $X$ で表し，$x$ と $\theta$ と $X$ の初期値は全て 0 とする．質点と輪軸の運動は鉛直下向き方向だけに生じるとする．摩擦は無視できるとする．

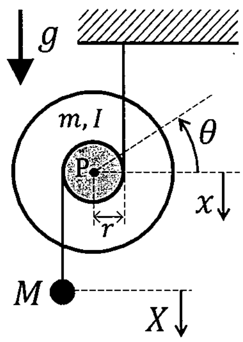


図１

図２のように，右のひもの張力を $T_1$，左のひもの張力を $T_2$ とする．この $T_1$ と $T_2$ を用いて(1)～(3)に答えよ．

(1) $x$ に関する輪軸の並進運動の運動方程式を表せ．

(2) $\theta$ に関する輪軸の P 点まわりの回転運動の運動方程式を表せ．

(3) $X$ に関する質点の並進運動の運動方程式を表せ．

ひものたるみや伸縮は発生しないとして(4)～(5) に答えよ．

(4) $x$ と $\theta$ の関係を表せ．

(5) $X$ と $\theta$ の関係を表せ．

$T_1$ と $T_2$ を用いずに(6)～(8) に答えよ．

(6) 運動方程式を解き，時刻 $t$ における輪軸の重心 P の座標 $x(t)$ を求めよ．

(7) 輪軸と質点をつなぐ左のひもの張力 $T_2$ を求めよ．

(8) 輪軸の慣性モーメント $I$ の値によっては，時刻 $t \geq 0$ で輪軸と質点をつなぐ左のひもにたるみが生じる．たるみが生じないための $I$ の条件を求めよ．

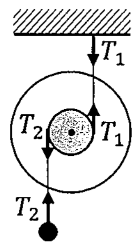


図２

キーワード Keyword

車軸: axle, 半径: radius, 質量: mass, 重心: center of gravity, 慣性モーメント: moment of inertia, 固定されていない輪軸: movable wheel and axle, 質点: mass point, ひも: cable, 巻きつけられて: wrapped around, 右: right, ひもの末端: end of the cable, 天井: ceiling, 接続され: connected, 左: left, 重力加速度: gravitational acceleration, 鉛直下向き: vertical downward, たるみ: slack, 吊り下げて静止させ: suspended in a stationary state, 時刻: time, 手を離した: released, 回転: rotation, 落下: drop, 座標: coordinate, 回転角: rotation angle, 初期値: initial value, 運動: motion, 生じる: occur, 摩擦は無視できる: friction can be omitted, 張力: tension, 並進運動: translational motion, 運動方程式: equation of motion, 回転運動: rotational motion, 伸縮: expansion and contraction, 関係: relation, 条件: condition

【次ページへ続く】

【前ページから続く】

**補足２：アンペールの周回積分の法則**

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{s} = I$$

ここで$C$は閉曲線, $\vec{H}$は$C$上での磁界, $d\vec{s}$は$C$上での微小部分, $I$は$C$を縁にもつ任意の曲面を貫く電流の大きさを表す.

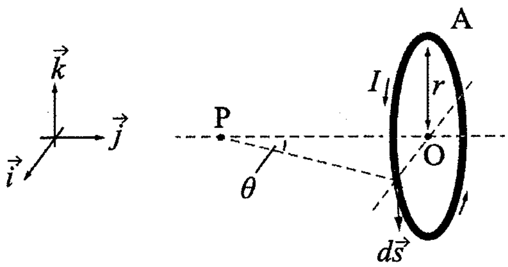



図１

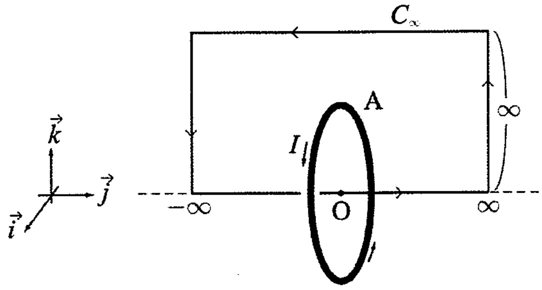



図２

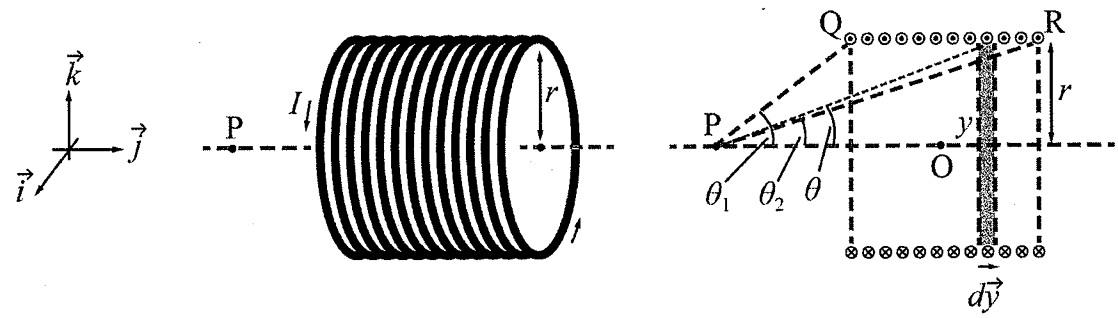



図３

キーワード：Keywords
軸:axis, ベクトルの成分:vector components, 値:values, 順番:order, 真空中:in a vacuum, 半径:radius, 太さが無視できる:negligible diameter, 導線:conductive cable, 一回巻いてある:one turn, 円形コイル:circular coil, コイルの軸:coil axis, 一致：match, コイルの中心:coil center, 原点:origin, 重なる:overlap, 位置:position, 微小部分:infinitesimal element, 点:point, 磁界:magnetic field, 角度:angle, 時計回り:clockwise, 大きさ:magnitude, 電流:current, 全体:whole, 閉曲線:closed curve, 積分:integral, アンペールの周回積分の法則:Ampere's circuital integral law, 証明:proof, 経路: path, 無限遠点:point at infinity, 円筒状:cylindrical, ソレノイド:solenoid, 単位長さあたり:per unit length, 巻数:number of turns, 座標:coordinate, 幅:width, 平面:plane, 平行: parallel, 通る:passing, 断面図:cross section, 紙面奥から手前:from the back of the paper to the front, 紙面手前から奥: from the front of the paper to the back, 端部:end point, 軸方向:axial direction, 無限:infinite, 長さ:length, 距離:distance, 横軸, horizontal axis, 縦軸:vertical axis, グラフ:graph, 平面内: in the plane, ビオ・サバールの法則:Biot-Savart law, 観測点:observation point, 位置ベクトル:position vector, 電流素片:current element, 縁:edge, 任意の曲面:arbitrary surface, 貫く:penetrating.

## 必須問題（物理学）

## 機械知能システム学専攻

# 物理学基礎

【前ページから続く】

## 問２

次の問に答えよ．ただし以下の補足 1, 2 を必要に応じて用いてもよい．また，全ての図中の軸 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ は $\vec{i} = (1,0,0)$, $\vec{j} = (0,1,0)$, $\vec{k} = (0,0,1)$ を表すものとする．なお、以下の問においてベクトルの成分を答える場合は，軸 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ に沿った値をこの順番で表現せよ．また以下の議論は全て真空中でのものとする．

1. 図１のように，半径 $r$ で太さが無視できる導線が一回巻いてある円形コイル A を，軸 $\vec{j}$ とコイルの軸が一致し、コイルの中心が原点 O と一致するように置く．このときコイル A が軸 $\vec{i}$ と重なる位置にある微小部分 $d\vec{s}$ が軸 $\vec{j}$ 上の点 P に作る磁界 $d\vec{H}$ を求め，ベクトルの成分を用いて表せ．なお、点 P からコイルを見込む角度は $\theta$ であり，点 P からコイルを見た時に時計回りに大きさ $I$ の電流がコイル上を流れているとする．
2. コイル A 全体が点 P に作る磁界 $\vec{H}$ を求め，ベクトルの成分を用いて表せ．
3. 図２の閉曲線 $C_\infty$ 上でコイル A が作る磁界を積分し，アンペールの周回積分の法則が成り立つことを証明せよ．なお，$C_\infty$ の経路のうちコイル中心を通る部分はコイルの軸と一致しており、無限遠点ではコイルが作る磁界は $\vec{0}$ であるとする．
4. 太さが無視できる導線を半径 $r$ の円筒状に巻いたソレノイドを軸 $\vec{j}$ とソレノイドの軸が一致するように置く（図３左）．単位長さあたりの巻数を $n$ とした場合，軸上の座標 $y$ にある幅 $dy$ であるソレノイドの微小部分が，軸上の点 P に作る磁界を求め，ベクトルの成分を用いて表せ．なお，点 P からソレノイドの微小部分 $dy$ を見込む角度は $\theta$ であり，点 P からソレノイドを見たときに時計回りに大きさ $I$ の電流が導線上を流れているものとする（図３右はソレノイドを $\vec{j}-\vec{k}$ 平面に平行な原点 O を通る平面で切断した断面図であり，⊙ は紙面奥から手前に，⊗ は紙面手前から奥へ電流が流れていることを示す）．
5. 点 P からソレノイドの端部を見込む角度がそれぞれ $\angle\mathrm{OPQ} = \theta_1$, $\angle\mathrm{OPR} = \theta_2$ である場合（図３右），ソレノイド全体が点 P に作る磁界を求め，ベクトルの成分を用いて表せ．
6. このソレノイドが軸方向に無限の長さを持つとした場合に点 P に作られる磁界を求め，ベクトルの成分を用いて表せ．
7. 無限の長さを持つソレノイドで，ソレノイドの軸からの距離に応じて磁界の大きさがどう変わるのかを，ソレノイドの軸からの距離 $d$ を横軸，磁界の大きさ $|\vec{H}|$ を縦軸としたグラフを用いて図示せよ．導出にあたっては，$\vec{j}-\vec{k}$ 平面に平行な原点 O を通る平面内での閉曲線上でアンペールの周回積分の法則を用いること．

補足１：ビオ・サバールの法則

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi}\frac{d\vec{s}\times(\vec{v_1}-\vec{v_2})}{|\vec{v_1}-\vec{v_2}|^3}$$

ここで $\vec{v_1}$ は観測点の位置ベクトル，$\vec{v_2}$ は電流素片 $Id\vec{s}$ の位置ベクトルを表す．

【次ページへ続く】

問題訂正

物理学基礎

問２

４．

誤：

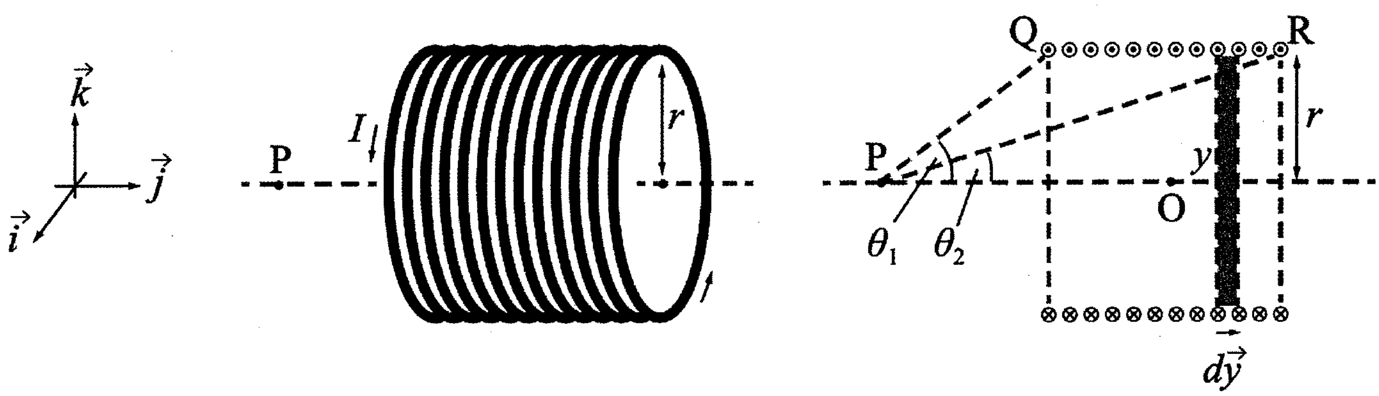
… なお，点Ｐからソレノイドを見たときに時計回りに大きさ $I$ の電流が導線上を流れているものとする …

正：

… なお，点Ｐからソレノイドの微小部分 $dy$ を見込む角度は $\theta$ であり，点Ｐからソレノイドを見たときに時計回りに大きさ $I$ の電流が導線上を流れているものとする …

図３

誤：




正：