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
（2023年8月17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（2023 年 8 月 17 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 に解答せよ．

問 1

図 1(a)～(d)に示すように，半径 r，質量 M の密度均一な剛体の円板が水平な床面を滑らずに転がってきて，高さ h $(<r)$ の階段の P 点に衝突して階段に乗り上げる．重力加速度 g は鉛直下向きに働き，転がり抵抗は無視できるとする．以下の問に答えよ．

(1) 円板の重心 G 点まわりの慣性モーメントを求めよ．

(2) 図 1(b)は円板が段差の P 点に衝突する直前を表している．円板の角速度を ω_0 として，図 1(b)における P 点まわりの円板の全角運動量を ω_0, r, h, M を用いて表せ．

(3) 図 1(c)は衝突直後の円板を表す．円板は P 点を回転中心として角速度 ω_1 で滑らずに回転しはじめた．衝突の前後で P 点まわりの全角運動量が保存されるとした時，ω_1 を ω_0, r, h を用いて表せ．

(4) 図 1(c)における衝突直後の円板の運動エネルギーを ω_0, r, h, M を用いて表せ．

(5) 図 1(d)のように円板が階段に完全に乗り上げるためには，衝突前の角速度 ω_0 はいくら以上必要か．

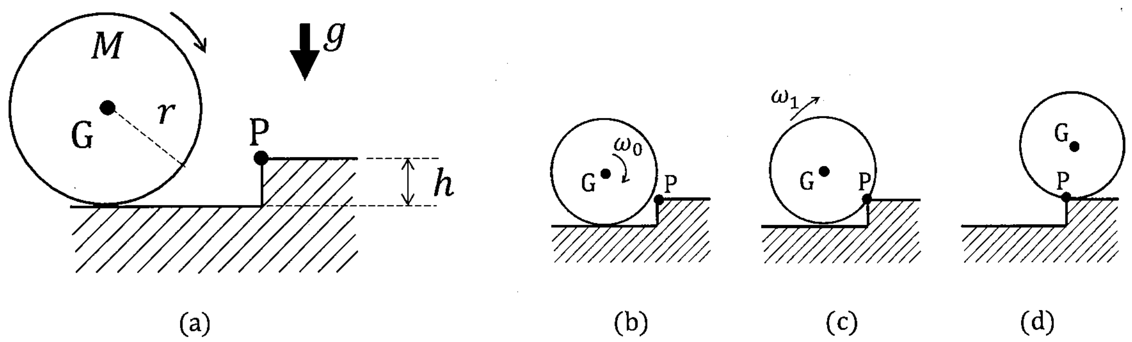

図 1

キーワード Keyword
半径: radius, 質量: mass, 密度均一な剛体の円板: rigid circular disc of uniform density, 水平: horizontal, 床面: flat surface, 滑らずに転がって: rolling without slipping, 階段: step, 衝突: collision, 乗り上げる: climb, 重力加速度: gravitational acceleration, 鉛直下向き: vertical downward, 転がり抵抗は無視できる: rolling resistance can be ignored, 重心: center of gravity, 慣性モーメント: moment of inertia, 直前: just before, 角速度: angular velocity, 全角運動量: total angular momentum, 直後: right after, 回転中心: rotation center, 保存: conserve, 運動エネルギー: kinetic energy, 完全に乗り上げる: climb up completely

【次ページへ続く】

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2023 年 8 月 17 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

【前ページから続く】

問２

図１に示すように，紙面に対し横方向にa，奥行き方向にbの辺をもつ長方形の導体板を間隔dに保って平行においた平行板コンデンサCがある．コンデンサCの両極に電荷$\pm Q$をそれぞれ与えた．真空中の誘電率をε_0とし，以下の問いに答えよ．ただしコンデンサ端での縁端効果は無視してよい．

（１）　ガウスの法則を用いて極板間の電場Eの大きさを求めよ．

（２）　極板間の電位差を求めた後，コンデンサCの静電容量C_0を求めよ．

（３）　静電容量がそれぞれC_1，$C_2 \cdots, C_N$のN個のコンデンサを並列に接続したときの合成容量$C_{並列}$が$C_{並列} = \sum_{n=1}^{N} C_n$，直列に接続したときの合成容量$C_{直列}$が$\frac{1}{C_{直列}} = \sum_{n=1}^{N} \frac{1}{C_n}$となることを証明せよ．

次にコンデンサCに一定の電圧Vをかけるために電池に接続した．この状態で，コンデンサCのなかに図２のように極板と同形で厚さt，誘電率εの誘電体板Dを極板に平行に挿入する．その後，図３に示すように誘電体板Dを極板に平行に誘電体板Dの左端がコンデンサの右端からxの位置になるまで移動させた．

（４）　図２に示す状態のときのコンデンサの静電容量を求めよ．

（５）　図２に示す状態のとき，極板間にかかる力の大きさを求めよ．

（６）　誘電体板Dの左端がコンデンサの右端からxの位置にあるとき，このコンデンサは，図３に示すように幅$a - x$で間隔がdのコンデンサAと，幅xで厚さtの誘電体板が挿入されたコンデンサBとの並列接続とみなすことができる．コンデンサA，コンデンサBの静電容量C_AおよびC_Bを求めよ．また，図３に示す状態のときのコンデンサ全体の静電容量C_{AB}を求めよ．

（７）　図３に示す状態のとき，誘電体板Dにかかるx方向の力の大きさを求めよ．

誘電体板Dをコンデンサから引き出し完全に取り出した後，電池に接続したまま（一定の電圧Vをかけたまま），図４に示すようにコンデンサCの上側の極板の片側を長さaに沿う方向の一端の距離がd，他端の距離が$d + \delta$になるように外部から力を加えた．

（８）　図４に示す状態のときのコンデンサの静電容量を求めよ．なお，$\delta \ll d, \delta \ll a$として，テイラー級数展開より$(\delta/d)$の２次の項まで求めよ．

（９）　誘電体板Dをコンデンサから完全に取り出した後の状態から，図４に示す状態にするために必要な仕事Wを求めよ．ここで，電池に接続したまま図４に示す状態にするとき，電荷の移動が生じていることに注意せよ．

補足1:ガウスの法則

$$\int_{S_0} \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{S} = \frac{Q}{\varepsilon}$$

（S_0は電荷Qを含む任意の閉曲面）

補足 2:テイラー級数展開の公式

$$f(x)|_{x\sim a} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n$$

【次ページへ続く】

大学院情報理工学研究科 博士前期課程:一般入試(2023 年 8 月 17 日実施)

【前ページから続く】

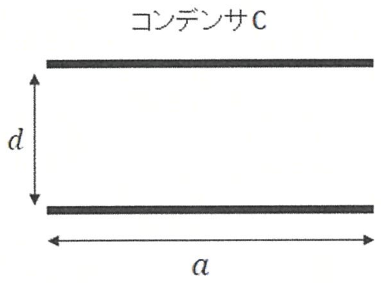

図 1

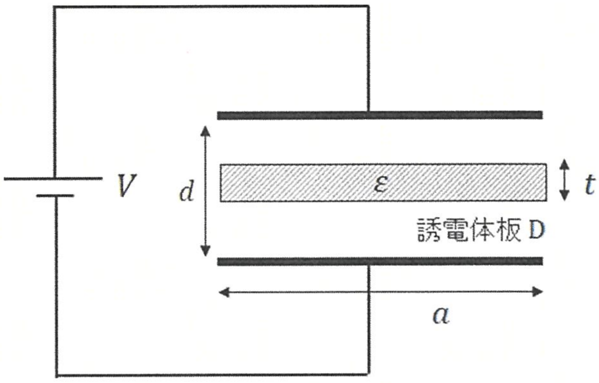

図 2

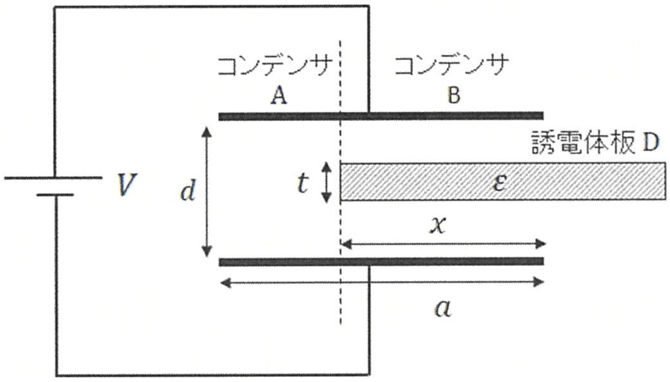

図 3

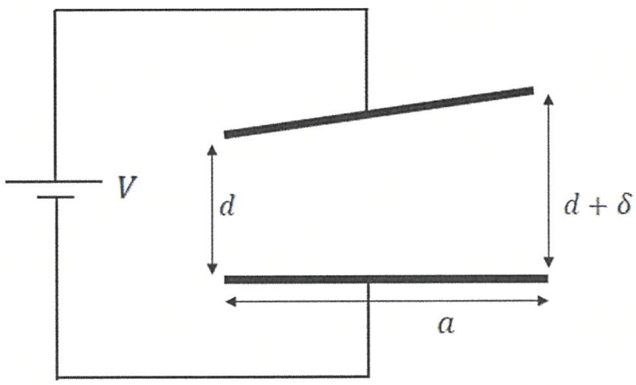

図 4

キーワード:Keyword

平行板コンデンサ:parallel-plate capacitor, 電荷:electric charge, 真空:vacuum, 誘電率:permittivity, 縁端効果:effects of edges, ガウスの法則:Gauss' law, 電場:electric fields, 電位差:difference of electric potential, 静電容量:capacitance, 並列に接続:parallel connection, 直列に接続:series connection, 誘電体板:dielectric plate, 力の大きさ:magnitude of force, テイラー級数展開:Taylor-series expansion