

令和 9 年度
京都大学工学部
高専編入学試験問題

物 理

(注 意)

1. 問題用紙および解答用紙は試験監督者の指示があるまで開かないこと.
2. 問題用紙は表紙のほかに 3 ページである.
3. 解答用紙は表紙のほかに 8 ページである.(下書き用紙を含む)
4. 筆答開始後, 解答用紙の所定欄に **受験番号・氏名** を記入すること.
5. 解答は解答用紙の所定の箇所に記入すること.
6. 問題用紙および解答用紙(下書き用紙を含む)は持ち帰ってはならない.

問題 1

図 1-1 に示すように、質量 M 、半径 a の一様な円盤に太さが無視できる長さ l の伸縮しない軽い糸を巻き付け、糸の一端を天井に固定して円盤を静かに放す。このとき、糸がほどけることによって円盤は回転しながら真下に落下し、糸がほどけきった後も回転しながら落下して水平な粗い床面に衝突して跳ね上がる。この円盤の運動について以下の問 1～問 4 に答えよ。なお、空気抵抗は無視するものとする。

問 1 図 1-1 に示すように、天井面から鉛直方向下向きに円盤の中心 G を通る z 軸をとり、天井面との交点を原点 O とする。重力加速度の大きさを g 、糸の張力の大きさを T で表し、時刻と円盤の回転角を表す変数をそれぞれ t, θ として、糸が円盤からほどけきるまでの円盤の z 方向の運動方程式と回転の運動方程式を、それぞれ M, T, g, a, z, θ, t のうちから必要なものを用いて表せ。なお、糸は滑らずに円盤からほどけるものとし、回転角 θ は時計回りを正とする。

問 2 円盤を静かに放した時の円盤の中心 G の位置を $z = z_0$ 、回転角を $\theta = 0$ 、時刻を $t = 0$ として問 1 の運動方程式を解き、糸が円盤からほどけきった時刻 $t = t_1$ での円盤の落下速度 $v(t_1)$ と円盤の回転角速度 $\omega(t_1)$ をそれぞれ M, a, z_0, l, g のうちから必要なものを用いて表せ。

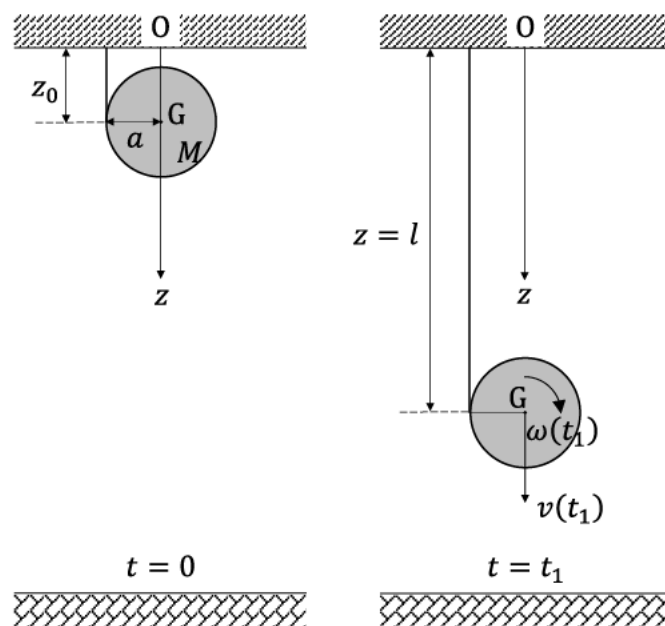


図 1-1

問3 図1-2に示すように、糸の下端から床面までの距離を h とすると、糸が円盤からほどけきった後、円盤は回転しながら高さ h から落下して床に衝突し、跳ね上がる。ここで、改めて円盤と床との衝突点を原点 O' として水平方向右向きに x 軸を、鉛直方向上向きに y 軸を取って衝突後の円盤の運動を考える。1回目の衝突の直前直後における円盤の速度成分をそれぞれ $(0, v_0)$, (u, v) , 1回目の衝突の直前直後における円盤の回転角速度をそれぞれ ω_0 , ω , 衝突時に床との接触点で円盤に作用する力積成分を (F, N) とする。このとき、円盤の x 方向と y 方向それぞれの運動量変化と力積の関係式および回転の角運動量変化と力積の関係式を、それぞれ $M, F, N, a, u, v_0, v, \omega_0, \omega$ のうちから必要なものを用いて表せ。

問4 円盤と床との反発係数を e として、1回目の衝突直後の円盤の速度成分 (u, v) と円盤の回転角速度 ω , 床との接触点で円盤に作用する力積成分 (F, N) をそれぞれ M, a, l, h, z_0, e, g のうちから必要なものを用いて表せ。なお、円盤は滑らずに床に衝突するものとする。

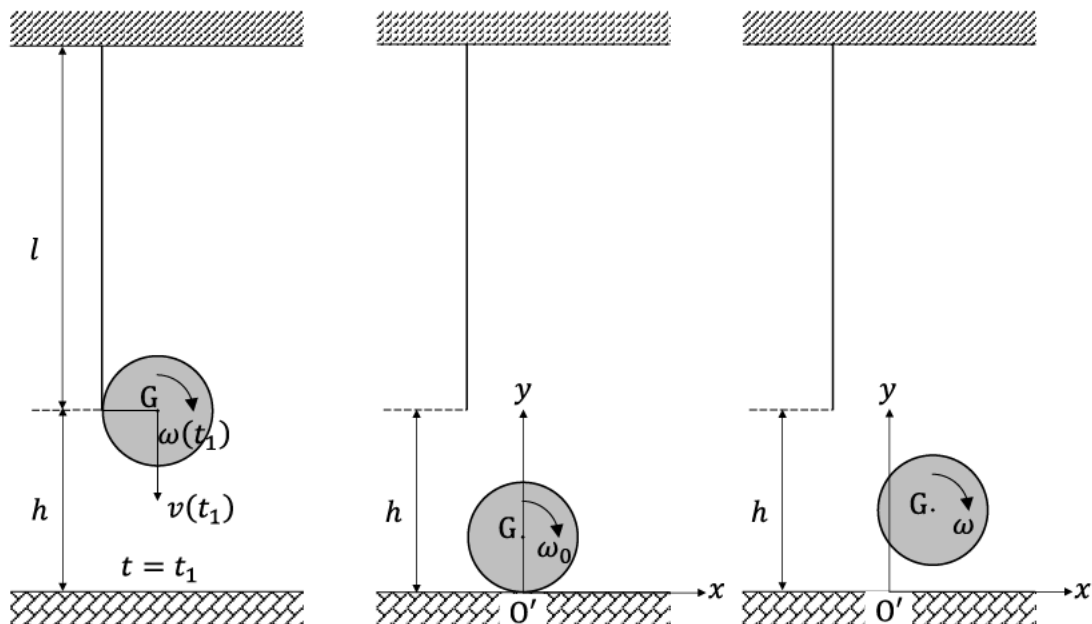


図 1-2

問題 2

定常電流の作る磁場に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ. ただし真空の透磁率を μ_0 とする.

問 1 図 2-1 のように, 半径 a の無限に長い円柱状の導線に電流 I が一様に流れている. 導線の中心軸を z 軸とする円柱座標系を (r, θ, z) とすると, この電流によって円柱の中心軸から r の距離にある点に生じる磁束密度 $\mathbf{B}$ は, r, z 方向の成分を持たず, θ 方向の単位ベクトル $\mathbf{e}_\theta$ を用いて $\mathbf{B} = B(r) \mathbf{e}_\theta$ と表される.

(イ) $r > a$ のとき, 磁束密度の大きさ $B(r)$ を求めよ.

(ロ) $r < a$ のとき, 磁束密度の大きさ $B(r)$ を求めよ.

問 2 図 2-2 のように, 半径 a の円形の導線に定常な電流 I が流れている. 円の中心軸上にあり, かつ円の中心 O から $\sqrt{3}a$ の距離にある点を P とする.

(イ) 導線上に点 Q をとり, Q における導線の微小部分 $d\ell$ を考える. このとき, $d\ell$ を通過する電流によって点 P の位置に生じる磁束密度 $d\mathbf{B}$ は O, P, Q の 3 点を含む平面内のベクトルとなることが知られている. このベクトル $d\mathbf{B}$ を図示し, さらにその大きさ dB を求めよ.

(ロ) 導線を通る電流 I によって点 P の位置に生じる磁束密度の大きさを求めよ.

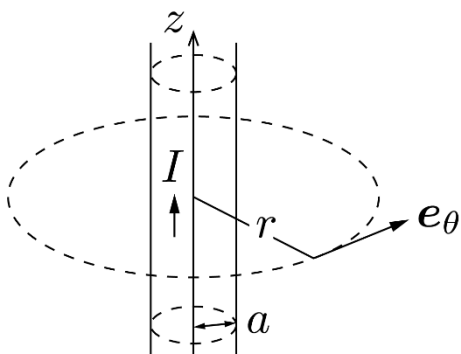


図 2-1

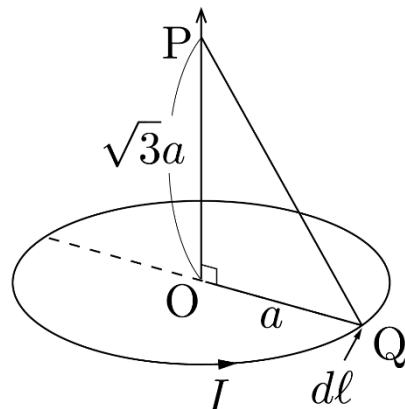


図 2-2

問題はこのページで終わりである.