

基本問題

- 1 フィギュアスケートのスピンのにおいては，腕を体に近付けるにつれて回転が速くなる．なぜか．
- 2 形状，大きさ，質量が相等しい二つの物体がある．同じ軸まわりの慣性モーメントは，等しいか．等しくないときには，その例を挙げよ．
- 3 物体の重心は，必ず物体の内部にあるか．そうでないならば，その例を挙げよ．
- 4 $3000(\text{rpm})$ は，何 (rad/s) か． 180° 回転するために必要な時間は何秒か．
- 5 $120(\text{g}\cdot\text{cm}^2)$ の慣性モーメントは，何 $(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ に相当するか．
- 6 図1に示すように，円盤がベアリングを介して軸に取り付けられている．円盤は軸の回りに回転することができる．円盤の慣性モーメントは $60(\text{g}\cdot\text{cm}^2)$ である．時刻0で円盤に角速度 $1(\text{rad}/\text{s})$ を与えたところ，円盤の角速度は一定の割合で減り， $120(\text{s})$ 後に回転が止まった．円盤とベアリング内の4個の玉が，図に示すように接触しており，接触点は軸の中心から $5(\text{mm})$ の所にある．(1) 時刻 t における円盤の回転角速度 $\omega(t)$ を求めよ．(2) 円盤と1個のベアリングの玉との摩擦力を $f(\text{N})$ とする．円盤と4個の玉との摩擦力による回転軸まわりのモーメントを求めよ．(3) 円盤と1個のベアリングの玉との摩擦力 f の値を求めよ．

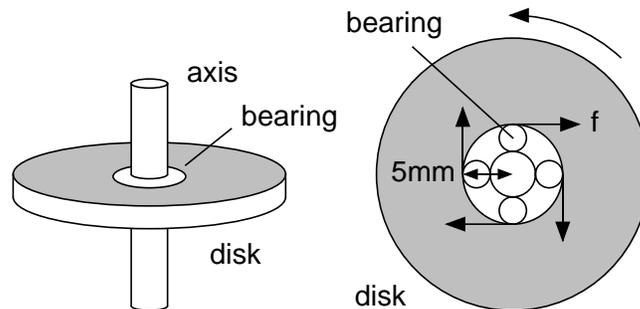


図 1: 回転する円盤

- 7 あるモータは，スイッチを入れてから2秒後に回転速度が $4500(\text{rpm})$ に達する．このとき，角加速度は，何 rad/s^2 か．
- 8 軸まわりの慣性モーメントが $2(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ である系を，角加速度 $4\pi(\text{rad}/\text{s}^2)$ で駆動したい．最小限必要なトルクを求めよ．
- 9 図2に示すように，質量を無視できる長さ l のじょうぶな棒を4本つなく，図-(a)に示すように，両端に質量 m のおもりを二つ付け，軸回りに角速度 ω_0 で回転させる．次に，図-(b)に示すように，棒1と棒2の成す角度と棒3と棒4の成す角度が直角になるように，二つのつなぎ目を駆動する．このときの角速度を ω とする．つなぎ目を駆動するトルク τ は，軸と棒

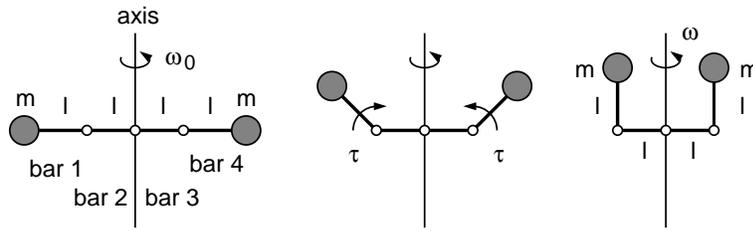


図 2: 回転する棒と質点

を含む面内に働き，軸回りのモーメントは与えないと仮定する．(1) 角速度 ω と ω_0 の関係を導け．フィギュアスケートのスピンのとのアナロジーを考察せよ．(2) 回転の運動エネルギーは，どれだけ変化したか．(3) つなぎ目を駆動するトルク τ を求めよ．

- 10 図 3 に示すように，毎秒 5 回転で回転している半径 20cm のディスクに，ブレーキを押し当てたところ，2 秒でディスクが静止した．ディスクの回転軸まわりの慣性モーメントは， $40\text{g} \cdot \text{cm}^2$ である．ブレーキとディスクとの間の摩擦力を求めよ．ただし，ブレーキをかけている間，摩擦力は一定であり，軸における摩擦は十分に小さいと仮定する．

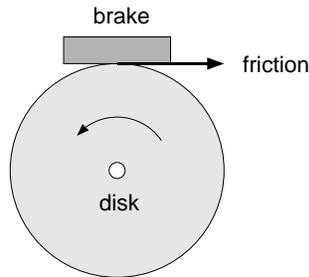


図 3: 回転するディスクをブレーキで止める

- 11 図 4 に直径 $D = 1\text{m}$ のはずみ車がある．その慣性モーメント I を調べるために，リムに針金を巻きつけて，その端に質量 $M_1 = 8\text{Kg}$ のおもりをつける．このおもりを放すと $h = 2\text{m}$ を $t_1 = 16\text{sec}$ で落ちる．別の $M_2 = 4\text{Kg}$ のおもりをつけたときは， 2m を $t_2 = 25\text{sec}$ で落ちる．回転軸の摩擦モーメントが一定であると仮定して慣性モーメント I を求めよ．
- 12 図 5 において，下部のドラムは質量 $M_1 = 100\text{Kg}$ ，慣性半径（回転半径） $k_1 = 90\text{cm}$ であり，上部の滑車は質量 $M_2 = 160\text{Kg}$ ，慣性半径 $k_2 = 45\text{cm}$ である．ある瞬間におもり（質量 $M = 300\text{Kg}$ ）は下向きに 3m/s の速度を持っている．ブレーキ片とドラムの間の摩擦係数は $\mu = 0.6$ ，軸の摩擦モーメントは $14\text{N} \cdot \text{m}$ であるとする．0.5 秒の間にこれを停止させるには，いくらの力 P を加えるべきか．

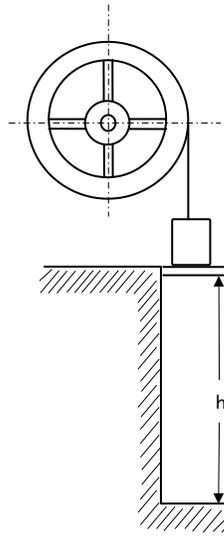


図 4: はずみ車

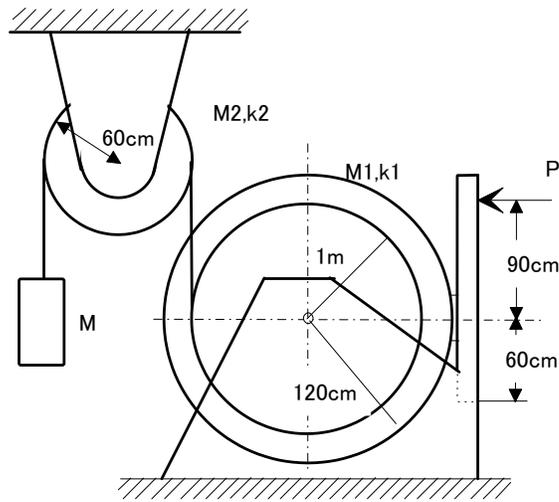


図 5: 滑車とドラム

発展問題

- 1 図6に示すように、長さ $2l$ の重さを無視できる棒の両端に、質点 P, Q を取り付ける．質点 P, Q の質量は、それぞれ m_1, m_2 である．棒の中心を O 、鉛直軸を z とし、棒は $x-z$ 平面内にあるとする．棒は y 軸回りに回転する．棒が x 軸と成す角を φ とする．(1) y 軸回りのモーメントを求めよ．重力加速度を g とする．(2) 角度 φ に関する運動方程式を導け．

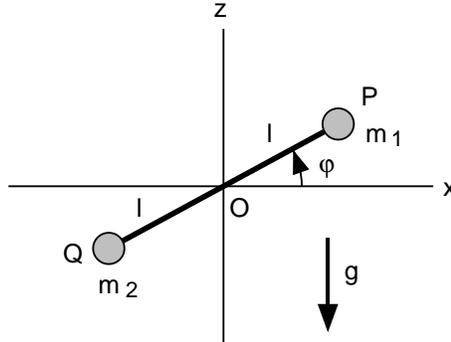
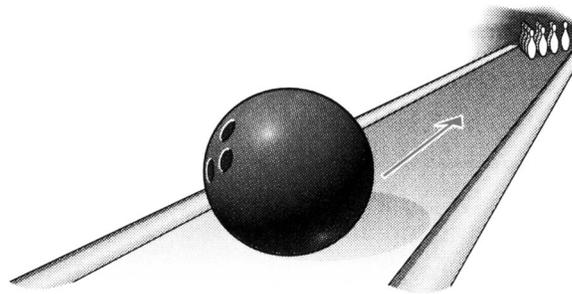
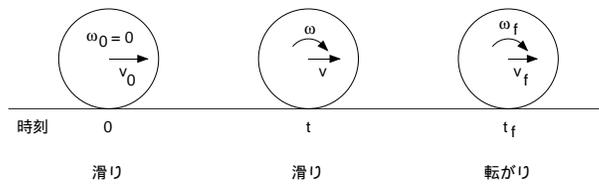


図 6: 棒で連結されている二つの質点

- 2 図7に示すように、ボーリングのボールが平らな床上を転がる．ボールの半径は 15cm 、質量は 7kg である．ボールと床との間には、 7N の摩擦力が作用する．ボールを手から離れた瞬間、ボールの速度は $v_0 = 6\text{m/s}$ 、回転速度は $\omega_0 = 0\text{rad/s}$ であった．しばらくの間ボールは床の上を滑りながら動き、ある時刻からボールは床の上を滑ることなく転がり始めた．ボールを手から離れた瞬間を時刻 0 とする．(1) ボールを球と仮定し、ボールの中心を通る軸まわりの慣性モーメントを求めよ．(2) 時刻 t におけるボールの速度 v と角速度 ω を求めよ．(3) ボールが滑ることなく転がり始める時刻 t_f を求めよ．
- 3 質量 $M = 0.1\text{Kg}$ 、慣性半径 (回転半径) $k = 4\text{cm}$ のコマの軸 (直径 $d = 1\text{cm}$) に、長さ $L = 50\text{cm}$ の糸を巻きつけ、中心線が動かないようにピボットで支えて滑らないものとして軸に直角の方向に一定の力 $F = 49\text{N}$ の力で糸を引く．糸は終わりまで滑らないものとして、解け終わるまでの時間と、最終コマの回転の速さを求めよ．



(a) ボーリング



(b) 横から見た図

図 7: ボーリングのボールを投げる