1/1

慶應義塾大学試験問題用紙（日吉）

試験時間	50 分	分

平成 26 年 7 月 31 日(木) 3 時限施行		学部　学科　年　組	採点欄 ※
担当者名	齊藤、山内、渡邉、宮田	学籍番号	
科目名	物理学B (一斉)	氏名	

- 答案用紙、問題用紙に学籍番号、氏名を書くこと。特に学籍番号の数字は丁寧に記すこと。
- 結果を導く過程がわかるように解答すること。計算には問題用紙の裏を用いてよい。

問題1. 質量mの天体Aと、質量$m/2$の天体Bが万有引力のもとで運動している。天体A,Bの位置ベクトルをそれぞれ$\boldsymbol{r}_A$, $\boldsymbol{r}_B$とする。相対座標を表すベクトル$\boldsymbol{r} \equiv \boldsymbol{r}_B - \boldsymbol{r}_A$方向の単位ベクトルを$\boldsymbol{e}_r = \boldsymbol{r}/r$（ただし$r = |\boldsymbol{r}|$）で表すと、天体Aが天体Bに及ぼす万有引力は、$\boldsymbol{F}(\boldsymbol{r}) = -\left(Gm^2/2r^2\right)\boldsymbol{e}_r$となる。ただし$G$はニュートン定数である。天体A,Bには万有引力以外の力は働かないとして、以下の設問に答えよ。

(1) 天体Aと天体Bの重心の位置ベクトル$\boldsymbol{r}_G$および相対座標を表すベクトル$\boldsymbol{r}$が満たす運動方程式をそれぞれ書きなさい。

(2) $\boldsymbol{r}_A$および$\boldsymbol{r}_B$を、$\boldsymbol{r}_G$と$\boldsymbol{r}$を用いて表しなさい。

(3) 重心が静止している場合$(\dot{\boldsymbol{r}}_G = \boldsymbol{0})$を考える．このとき系の全角運動量$\boldsymbol{L}$が時間に依らず一定、すなわち保存することを示しなさい。

問題2. 以下の各設問に答えよ。

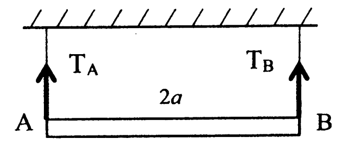
(1) 質量がM半径がaの一様な円板の,円板の中心を通り板面に垂直な軸の回りの慣性モーメントを求めよ。答えだけでなく導出方法も示せ。

(2) 質量Mの半径が$2a$の一様な円板が角速度ωで、円板の中心を通り板面に垂直な軸を中心として回転している。この時の運動エネルギーK_1を求めよ。

(3) 前述の円板が、ある時質量はそのままで、外力も働かずに、半径がaの一様な円板に変形した。回転の軸も変らないとしたとき、変形後の角速度と運動エネルギーK_2を求めよ。

(4) K_1とK_2の運動エネルギーの差$(K_2 - K_1)$を求めよ。上記の過程を、フィギュアスケートの選手が腕を縮めてスピンの角速度を増加する過程のモデルとすると、このエネルギーの差はどのように説明できるか？

問題3. 図(a)に示すように一様で長さ$2a$，質量Mの棒の両端A，Bが鉛直な糸で天井から吊されている．いま，図(b)のように吊してある糸の１本を急に切断したときのもう１本の糸の張力を以下の設問に答えながら求めなさい．ただし，重力加速度はgとする．



(a)

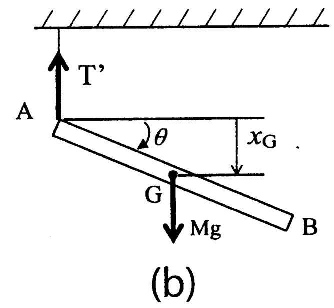
(1) 図(a)の状態の時，各糸に働いている張力T_A，T_Bを答えなさい．

(2) 図(b)の状態の時，棒の重心Gの鉛直下方向の変位x_Gに関する運動方程式を記述しなさい．ただし，図に示したように糸の張力はT'，棒の角度は$\theta (0 < \theta < \pi/2)$とする．

(3) 図(b)の状態の時，棒のA点まわりの回転運動に関する運動方程式(θに関する運動方程式)を記述しなさい．ただし，棒のA点まわりの慣性モーメントはI_Aとしてよい．

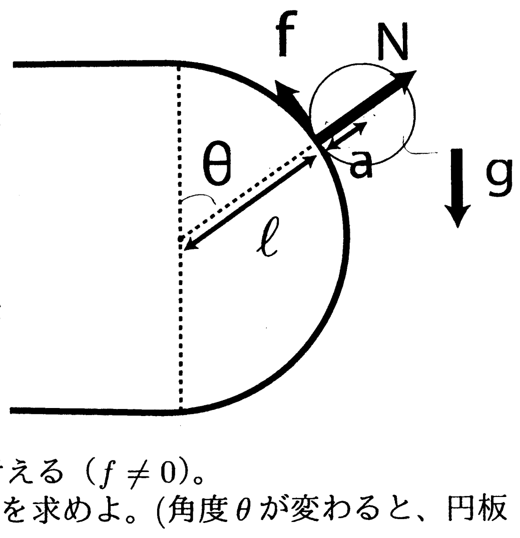
(4) 図(b)の状態の時，x_Gとθの関係式を答えなさい．

(5) いま，糸を切った直後を考えるとθは十分に微少であるので$\sin\theta \approx \theta$, $\cos\theta \approx 1$と考えてよい．(2)〜(4)の設問に対する答えを参考にして，糸を切った直後のもう一方の糸の張力T'を求めなさい．ここでは，棒の慣性モーメントを導出して解答すること．



(b)

問題4. 図は、角が丸いテーブルから、半径aの円柱が重力加速度gのもとに落ちていく様子を側面から見たものである。この状況を２次元の問題として考える。テーブルの丸い角は半径ℓの半円で表される。図中の角度$\theta = 0$から静かに回転をかけずに円板を落とす。円板は一様な面密度を持ち質量はMである。テーブルは充分重く静止しているものとする。



I: 接触面に水平抗力がかからず（$f = 0$）円板が回転せずに滑り落ちる場合を考える。

(1) 重心（円板の中心）について、接触面に垂直な方向の向心力、垂直抗力(N)、重力の釣り合いの式を書け。

(2) エネルギー保存則を利用して、角度がθの時の角速度$\dot{\theta}$を求めよ。

(3) 円板がテーブルを離れるときの角度θ_0を求めよ。

II: 次に円板がテーブルを滑らずに回転しながら落ちていくときを考える（$f \neq 0$）。

(4) 円板の回転角をϕとしたとき角速度$\dot{\phi}$と角度θの角速度$\dot{\theta}$の関係を求めよ。(角度θが変わると、円板重心から接触点への角度もその分だけ変わることに注意せよ)

(5) 回転の寄与も加味したエネルギー保存則から$\dot{\theta}$のθ依存性を求め、円板がテーブルを離れるときの角度θ_rを求めよ。