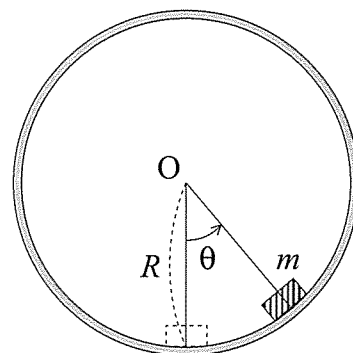
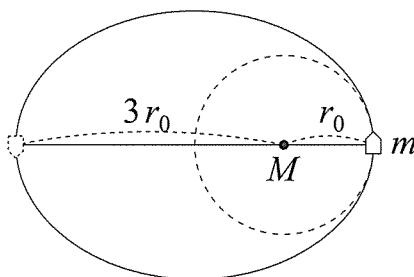


1. 右図のように、断面が半径  $R$  の円筒形ドラム内に質量  $m$  の小物体が置かれている。ドラムの中心軸  $O$ （紙面に垂直）は水平で、小物体とドラムの内壁面との間の静止摩擦係数は  $\mu_0$ 、動摩擦係数は  $\mu$  ( $\frac{\mu_0}{2} < \mu < \mu_0 < 1$ ) である。小物体の位置は、 $O$  と物体を結ぶ線分が鉛直線となす角  $\theta$  を用いて表し、最下点 ( $\theta = 0$ ) から右方への角度を正にとる。重力加速度の大きさを  $g$  として以下の設問に答えよ。



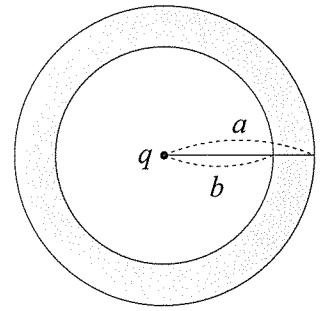
- (1) 小物体が角度  $\theta$  の位置に静止しているとき、小物体がドラムから受ける静止摩擦力と垂直抗力の大きさを求めよ。
- (2) ドラムを軸  $O$  のまわりにゆっくりと回して角度  $\theta$  を少しずつ大きくしていくと、 $\theta = \theta_0$  のとき小物体がドラム壁面をすべり始めた。  $\tan \theta_0$  を求めよ。
- (3) 小物体が角度  $\theta$  の位置から角度  $\theta - \Delta\theta$  の位置までの微小距離をすべり下りる間に、重力および動摩擦力が小物体にする仕事  $\Delta W$  を求めよ。ただし、小物体がドラム壁面に沿って円運動することによる遠心力の影響は無視できる。（以下、その近似が成り立つと仮定せよ。）また  $\Delta\theta$  は十分小さく、この間に小物体にはたらく力は角度  $\theta$  での力に等しいとしてよい。
- (4) 小物体を角度  $\theta_1$  ( $\theta_1 > \theta_0$ ) の位置から静かにすべり落とすと、ちょうどドラムの最下点で静止した。この角度  $\theta_1$  が満たす等式を、 $\theta_1$  と  $\mu$  のみを用いて表せ。

2. 質量  $M$  の地球のまわりを周回する質量  $m$  の人工衛星について、以下の設問に答えよ。万有引力定数を  $G$  とする。 $m$  は  $M$  に比べて十分小さく、人工衛星は静止した地球のまわりを地球からの万有引力のみを受けて運動するとしてよい。

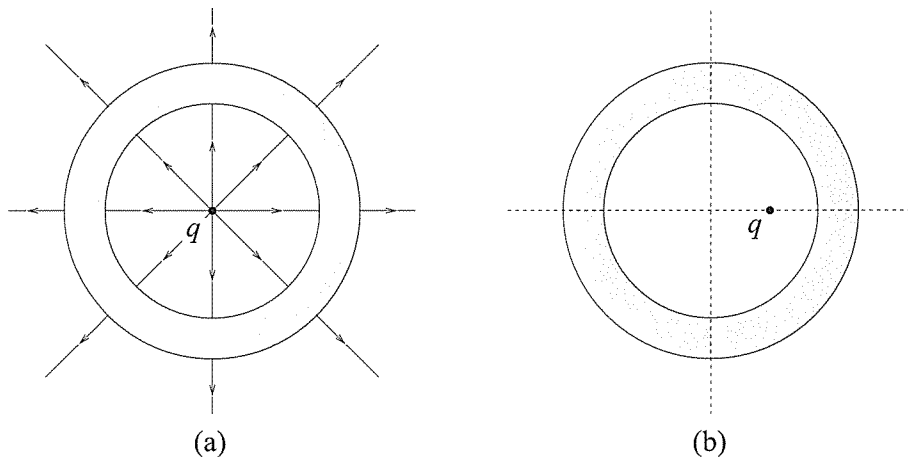


- (1) 人工衛星が半径  $r_0$  の円軌道に沿って運動しているとき、人工衛星の速度の大きさを求めよ。
- (2) 半径  $r_0$  の円運動をしている人工衛星に、速度方向の瞬間的な力積を与えて加速したところ、人工衛星の軌道が楕円軌道となり、地球から最も離れたときの地球の中心からの距離は  $3r_0$  であった。加速直後の人工衛星の速度の大きさを求めよ。
- (3) 上問 (2) の人工衛星の楕円運動の周期を求めよ。

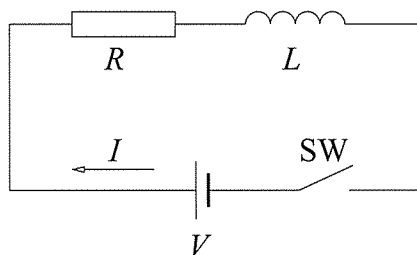
3. 真空中で、右図のように半径  $a$  の導体球内部に半径  $b$  ( $b < a$ ) の球形の空洞をつくり、中心に正の点電荷  $q$  を置く。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  として、以下の設問に答えよ。



- (1) 空洞内で、点電荷から距離  $r$  ( $r < b$ ) の位置に生じる電場の強さはいくらか。
- (2) 無限遠方を基準として、電位（静電ポテンシャル）を点電荷からの距離  $r$  の関数で表せ。必要であれば  $r$  の範囲により場合分けして記せ。
- (3) 下図 (a) は、導体球のまわりの電場の様子を電気力線を用いて表したものである。ここで下図 (b) のように点電荷の位置を中心から  $\frac{b}{2}$  だけずらすと、空洞内および導体球外部に生じる電場はどのようなになるか、解答欄の図中に電気力線を描き入れよ。



4. 自己インダクタンス  $L$  のコイル、抵抗  $R$ 、起電力  $V$  の直流電源およびスイッチ SW を含む下図のような回路を考える。最初スイッチ SW は開いている。時刻  $t = 0$  にスイッチ SW を閉じたとき時刻  $t \geq 0$  に回路を流れる電流を  $I(t)$  として、以下の設問に答えよ。



- (1) スイッチ SW を閉じた瞬間に回路を流れる電流  $I(0)$  はいくらか。
- (2) コイルに生じる起電力を、 $I(t)$  を用いて表せ。
- (3)  $I(t)$  が従う微分方程式を記せ。また、上問 (1) の初期条件を満たす微分方程式の解を求め、その概略をグラフに表せ。